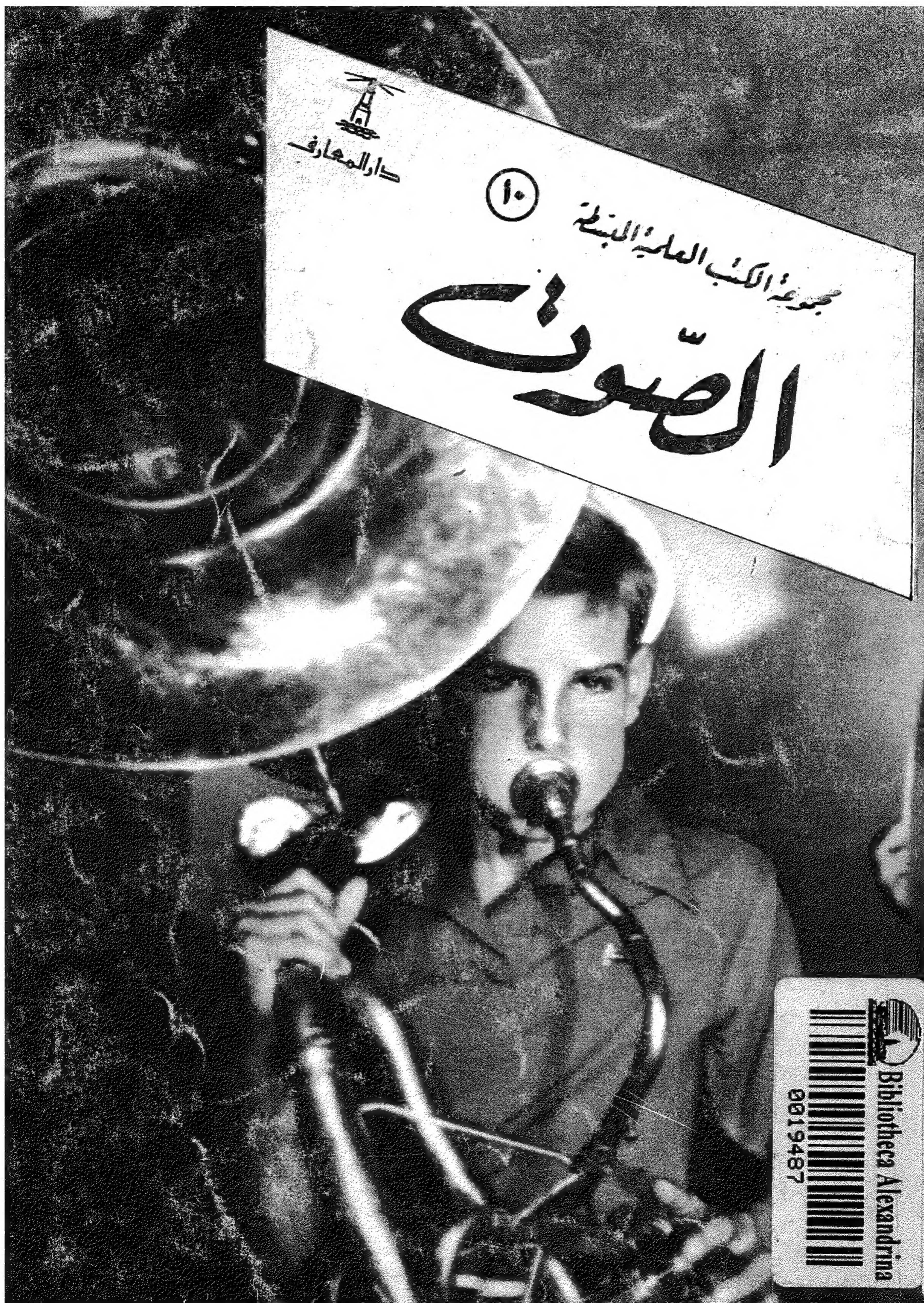




١٠

مجموعۃ الكتب العامیة المبنيۃ

الصعود




Bibliotheca Alexandrina
0019487



مجموعة الكتب العلمية البسيطة

١٠

الصَّوْت

تأليف

برثا موريس باركر

ترجمة

إدوار رياض

صلاح الدين سعيد

مراجعة

الدكتور محمد صابر سليم

هذه الترجمة مرخص بها وقد قامت الجمعية المصرية
لنشر المعرفة والثقافة العالمية بشراء حق الترجمة من صاحب هذا الحق

This is an authorized translation of SOUND by Bertha Morris
Parker. Copyright 1944, 1952 by Row, Peterson and Company.
This arabic language edition is authorized for publication by Western
Printing and Lithographing Company, Racine, Wisconsin, U.S.A.

الطبعة السابعة

الناشر



دار المعارف

بالاشتراك مع الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية



الصوت

ما الذى يحدث الصوت :

السيارات تملأ الشوارع بضجيجها ، والناس يسرعون فى طريقهم ، يتحدث كل منهم إلى الآخر ، وينادى باعة الصحف بالعنوانات البارزة فى صحفهم ، ويدوى صوت فرقة بأنبوبة العادم فى سيارة ، وتزجر فرامل السيارة التالية لها عندما يوقفها الضوء الأحمر ، وتضج مركبات نقل البضائع الكبيرة ، ويصفى الشرطى ، فما أكثر تعدد الأصوات فى شارع مزدحم !

بعض هذه الأصوات صاحب عال ، وبعضها هادئ ، وبعضها حاد رفيع ، وبعضها غليظ ، وبعضها لطيف سار ، وبعضها الآخر منكر ، ولكنها جميعاً تحدث بالطريقة نفسها وتحدث كلها نتيجة للحركة ، فإذا لم يتحرك شئ ما على الأرض ، لم يكن هناك أى صوت ، من أى نوع .

إن شريط المطاط الملقى فى صندوق لا يحدث أى صوت ، وكذلك شريط المطاط المشدود فى أعلى صندوق مفتوح لا يحدث أى صوت ، ولكن إذا جذبت شريط المطاط بإصبعك فإنه يحدث صوتاً ، ويحدث الصوت لأنك دفعته فعلاً إلى الحركة ، إلى الخلف وإلى الأمام .

وإذا تحرك أى جسم إلى الخلف وإلى الأمام ، فإننا نقول إنه يهتز ، ويمكنك أن تشاهد شريط المطاط وهو يهتز بعد أن تشده .

لقد قيل لك إن كل صوت ناتج عن حركة ، ونكون أكثر دقة لو قلنا إن كل صوت ينتج عن الاهتزاز .



نرى البنت في هذه الصورة ممسكة بشوكة رنانة ، والشوكة الرنانة تحدث رنيناً هادئاً عندما تضرب فرعها ، وذلك لأنك تدفع هذين الفرعين إلى الاهتزاز .

وفرعا الشوكة يتحركان في مسافة صغيرة ولكن بسرعة ، ومن الصعب أن تشاهد اهتزازهما ، أما الصورة التي في الصفحة المقابلة (صفحة ٥) فلإنها تدل بطريقة واضحة على اهتزاز الفرعين ، وتلاحظ قطرات الماء التي دفعتها الشوكة عند اهتزازها إلى الخلف وإلى الأمام . وإذا حاولت القيام بهذه التجربة بنفسك فكن حريصاً على أن تمسك الشوكة بحيث يلمس طرفها سطح الماء .

وتريك الصورة في الصفحة السادسة شكلاً مكبراً لخط متموج ناتج من شوكة رنانة ، وتكفي شعرة صلبة مثبتة في أحد طرفي الشوكة لإحداث هذا الخط ، فلو طرقت الشوكة ، وكانت الشعرة ملامسة لقطعة من الورق مغطاة بالسناج « سواد الفحم » ثم حركت الورقة في اتجاه واحد لحصلت على خط مثله .

وهذه التجربة تساعدك على فهم الكيفية التي رسم بها هذا الخط .

ضع قلمك الرصاص على قطعة من الورق ، ثم حركه قليلاً من جانب إلى آخر ، ثم دع شخصاً يجذب الورق من تحته ببطء ، فسوف تجد أن قلم الرصاص يرسم خطاً متموجاً .



وعندما يدق جرس الباب ، تضرب المطرقة طرف الجرس ، فتجعله يهتز ، وفي المنبه الذى يوقظك فى الصباح جرس يتذبذب بالطريقة نفسها .

وعندما تهتز أوراق الشجرة تجعلها الريح تهتز ، وعندما يقفل الباب بشدة ، يأخذ خشب الباب فى الاهتزاز .

وعندما تضرب قطرات المطر زجاج النافذة ، تهز الزجاج ، ووميض البرق يدفع الهواء الذى يمر خلاله لأن يهتز ، فيسبب الرعد .

ألم تضع ذات مرة قوقعة بحرية كبيرة بجانب أذنك ؟ إذا كنت قد فعلت هذا ، فهل سمعت هديرًا كأمواج البحر ؟ والقواقع البحرية هى قواقع الحلزون البحرى ، ويعتقد كثير من الناس أن الصوت الذى يسمعون فى قوقعة بحرية هو هدير البحر حقيقة ، ولكنه فى الواقع ليس كذلك ، فإن هدير البحر لا يمكن أن يحجز فى قوقعة ، ولكن الصوت ناتج من اهتزاز الهواء داخل القوقعة البحرية نفسها .

وكثيراً ما تسمع أصواتاً ويمكنك أن تعرفها بسهولة ، ولكنك واثق من أن هناك أصواتاً أخرى تسمعها كل يوم ولا تعرفها ، فإذا شئت أن تقوم بعمل الشرطة السرى لتقتنى أثر بعض تلك الأصوات ، فكن واثقاً أنك ستصل فى النهاية إلى شيء يهتز فيحدث صوتاً .

كيف ينتقل الصوت ؟

كان نبيل وفريد يعسكران في مخيمهما في الغابة لقضاء الليل ، وكانا قد ذهبا للنوم في الخيمة عندما بدأت بومة تنعق ، ثم صاح طائر بحري في البحيرة القريبة ، ثم لم يلبث أن سقط غصن من إحدى الأشجار ، وبدأت بعض الحيوانات تحدث خشخشة في أوراق الأشجار القريبة من الخيمة ، ولم يتمكن الولدان من النوم ، فقال نبيل :

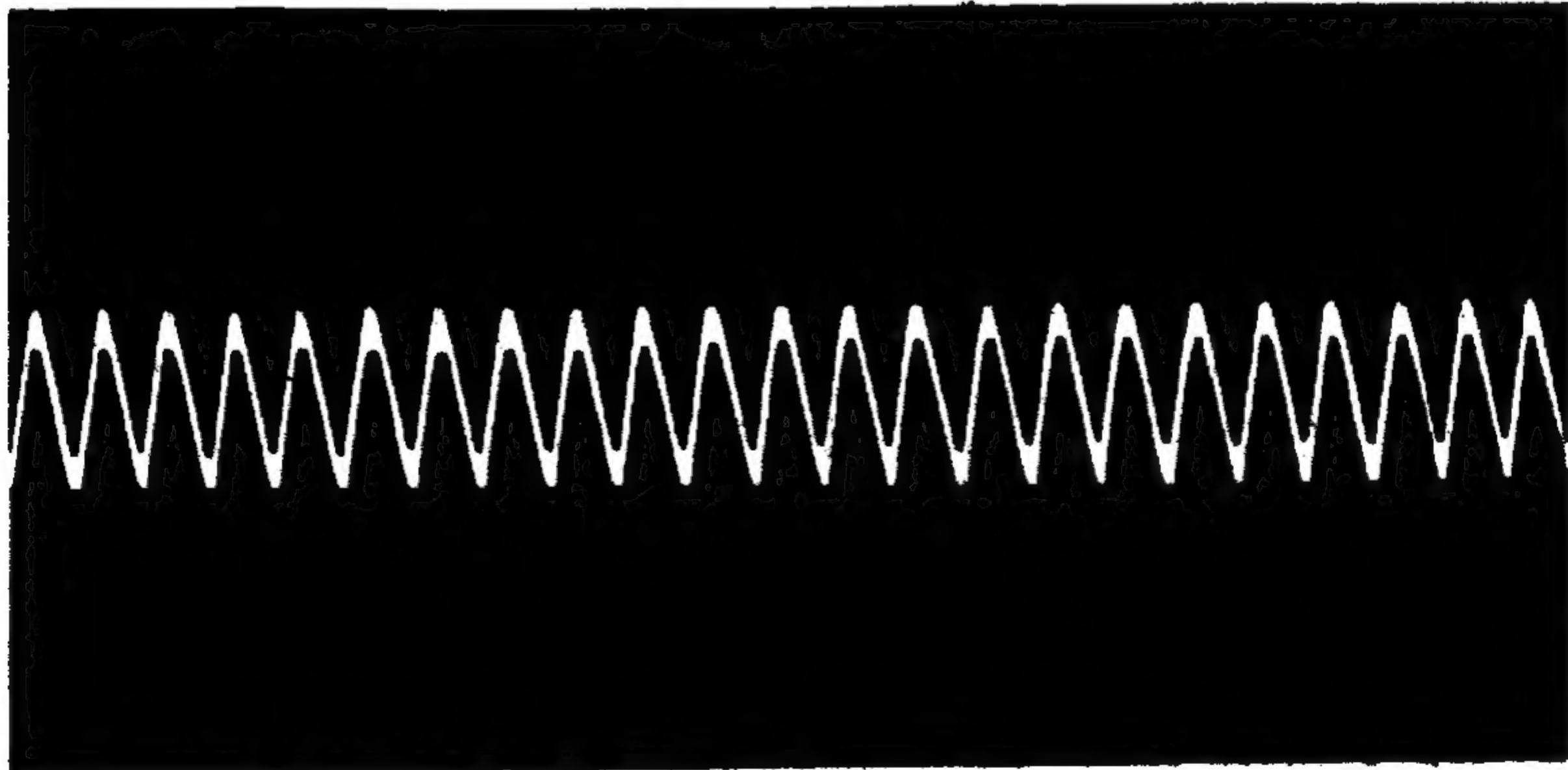
لينا كنا في القمر .

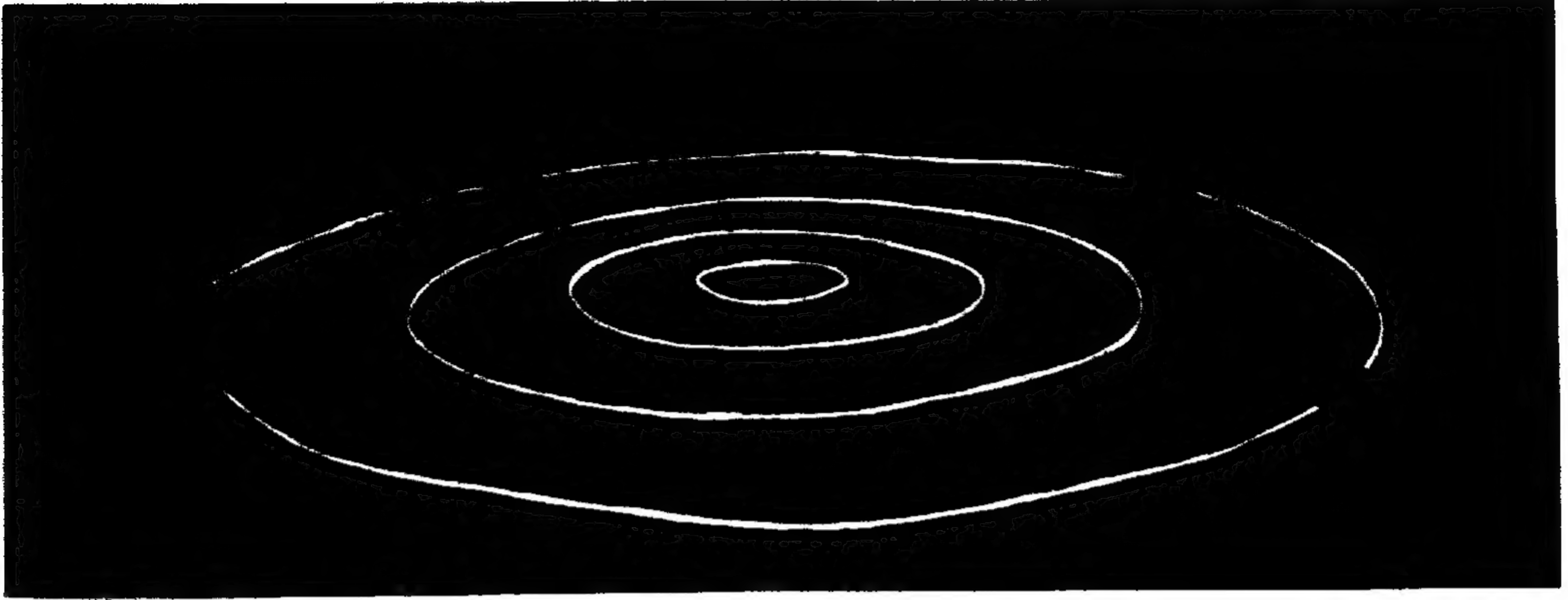
ولما سأله فريد عن السبب ، أجاب بقوله : « لأنه ليس هناك أى ضوضاء تقلق راحتنا ، لأنه ليس للقمر غلاف جوى مثل أرضنا » (أى ليس محاطاً بالهواء الجوى) . وكان نبيل على حق ، فإن القمر مكان هادئ تماماً ، لأن غلافه الجوى ضئيل ، أو ليس له غلاف مطلقاً .

فالصوت ناتج من اهتزازات ، ولكن لا بد من وسط يحمل الصوت إلى آذاننا ، فلا يمكن للصوت أن ينتقل في مكان فارغ .

ولنفرض أن جرساً كهربياً يذق ، فإن طرف الجرس يتذبذب ، وتحرك المعدن إلى الخلف وإلى الأمام يبعث موجات صوتية في الهواء المحيط به ، وهذه الموجات الصوتية تشبه نوعاً من التموجات التي نشاهدها على سطح بركة من الماء عندما تلقى فيها حصاة .

لكن هناك اختلافان هامين بين الموجات الصوتية وتموجات ماء البركة ، فإن في





إمكانك أن تشاهد التموجات وهي تتحرك على سطح الماء ، أما الموجات الصوتية فلا يمكنك أن تشاهدها وهي تتحرك في جميع الاتجاهات .

وهناك تجربة كثيراً ما تعمل لتبين أن الصوت لا يمكن أن ينتقل في الأماكن الفارغة ، فيوضع جرس داخل ناقوس زجاجي ، ثم يفرغ الهواء من الإناء بمضخة هوائية ، وعندما يذق الجرس ، لا يمكنك أن تسمعه لأن الصوت لا يمكن أن ينتقل خلال الفراغ المحيط به . وتنفجر بعض النجوم أحياناً ، ولكننا لا نسمع صوت انفجارها لأنه لا يمكن للصوت أن ينتقل خلال الفراغ بيننا وبين النجوم ، ولكن الصوت ينتقل في الهواء بدرجة جيدة جداً ، وكثيراً ما ترسل الشعوب البدائية الرسائل لمسافات بعيدة بقرع الطبول .

ولقد تعلم الناس في جبال سويسرة أن يصيحوا بأنغام مختلفة فيسمعهم زملاؤهم في الأودية الفسيحة عندما يغنون .

ويمكن أن ينتقل الصوت خلال الأجسام المعتمدة ، بعكس الضوء الذي يتطلب وسطاً شفافاً ، فإذا تحدث شخص في مكان ما أمكنك أن تسمعه ، ولو لم تشاهده .

ويمكن للمتحمس في لعب الكرة أن يستعمل مكبراً للصوت (الميجافون) وهو بوق على شكل قمع ، يعمل على تضخيم الصوت ، وذلك لأنه يركز الموجات الصوتية

في اتجاه واحد ، فلا تشتت « تتبثر » في اتجاهات مختلفة ، فالميجافون إذن يساعد على ذلك ، وتقوم القوقعة بعمل الميجافون إلى حد كبير .

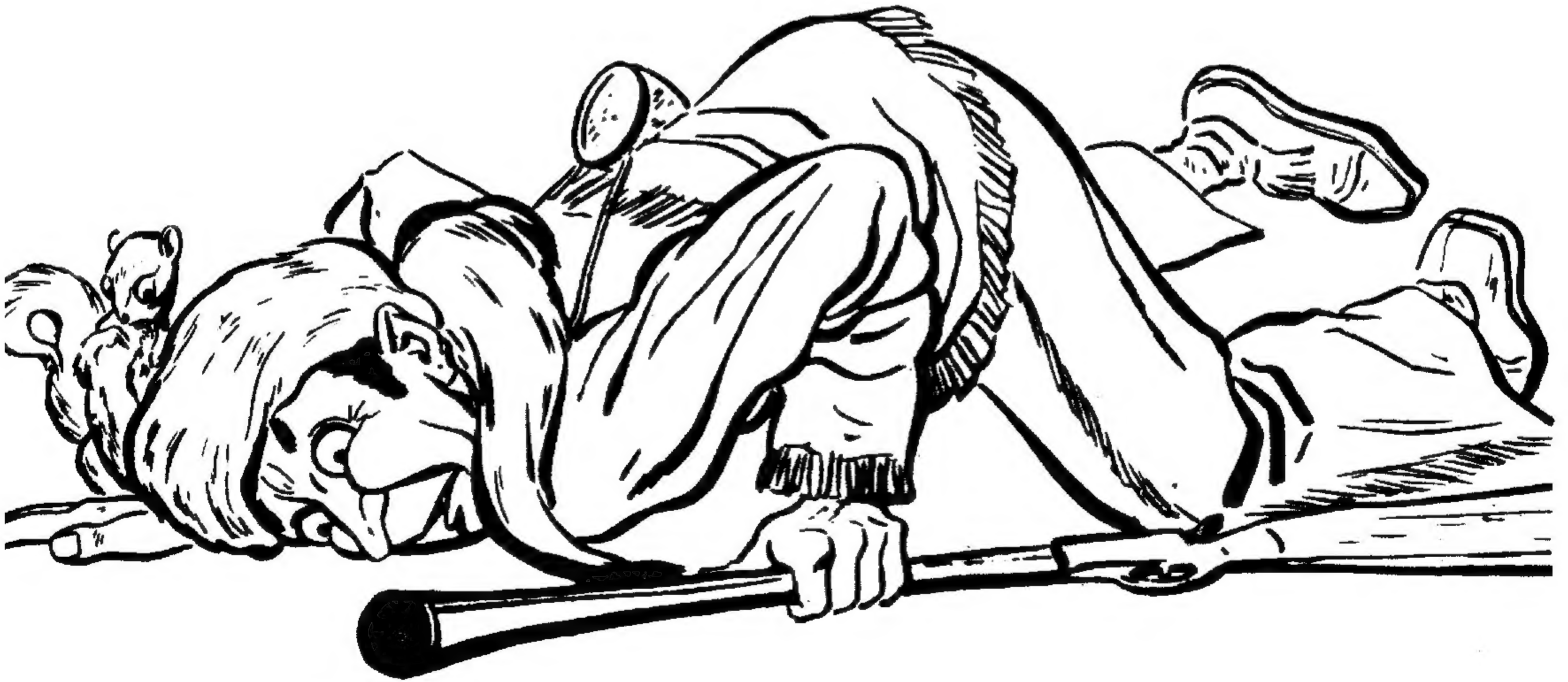
ويمكن توجيه الموجات الصوتية بطرق أخرى حيثما نرغب ، ففي بعض المتاحف ردهات هامة ، والردهة الهامة في متحف كبير تشبه البيضة في شكلها ، فأرض هذه الغرفة مستوية والسقف والجدران فيها مقوسة ، فإذا وقف شخص متجهاً للجدار في أحد أطراف الحجرة ، ووقف آخر مواجهاً الجدار في الجانب المقابل من الحجرة ، وهمس أحدهما بعبارة ، فإن الآخر يسمعها .

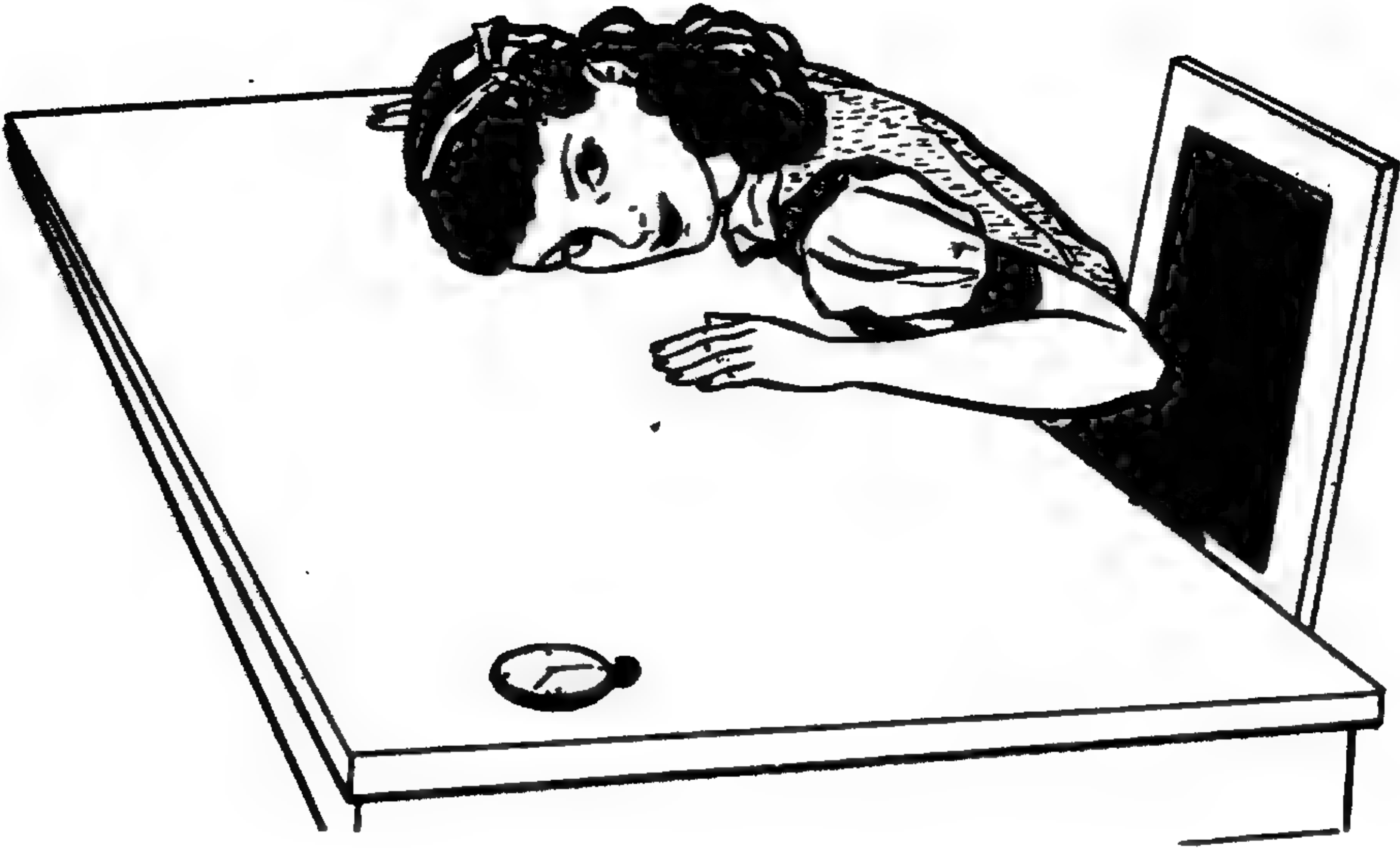
ومن العجيب حقاً أنه لا يمكن لأي شخص ثالث في وسط الحجرة أن يسمع ما يدور بينهما من همس .

والردهات الهامة تنتقل فيها الأحاديث بالطريقة الآتية : يتكلم الشخص الأول مواجهاً الجدار ، فتقابل الموجات الصوتية هذا الجدار ، ثم تنعكس عليه فتنتشر وتنتقل خلال الحجرة ، وتقوس السقف والجدران ، يجمعها تتجمع ثانية في أقصى الحجرة عند الجدار المقابل . ويمكننا القول بأن هذه الجدران تجمع الموجات الصوتية ، وعندما تقع الموجات على طرف الحجرة ، تنعكس إلى الشخص الواقف هناك .

والموجات الصوتية تشتت في وسط الحجرة ، فلا يمكن أن تسمع فيها ، ولكن من الممكن سماعها بعد أن تتجمع ثانية عند الجدار المقابل .

وهناك بعض الردهات الهامة التي لم يكن الغرض من إنشائها أن تكون كذلك ،





فقد تكون الحجرة مشيدة بشكل يسمح لأى صوت مهما يكن ضئيلاً أن يسمع بوضوح في جزء آخر منها ، ولو أنه لا يمكن أن يسمع في موضع بين المكانين . .

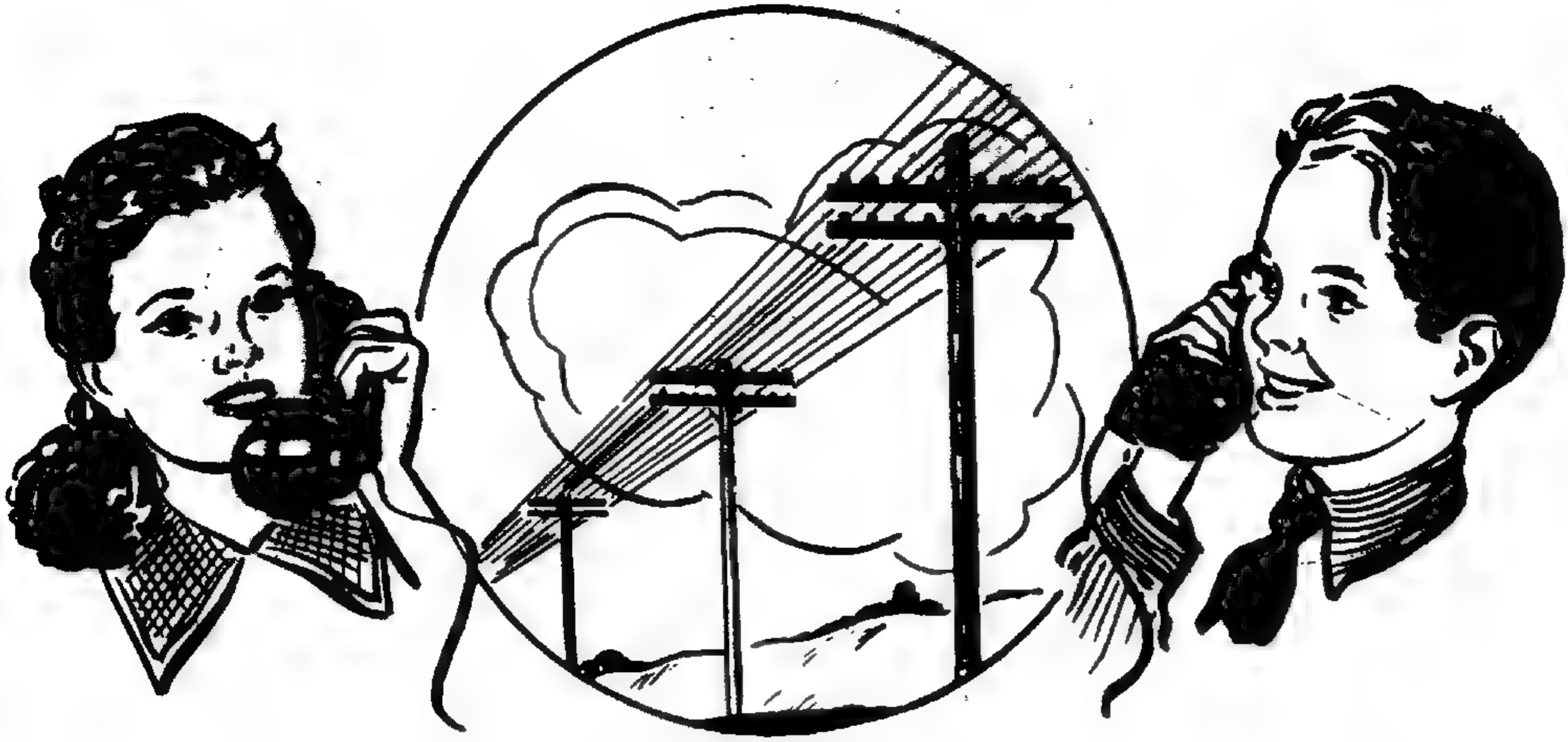
ومعظم الصوت الذى يصل إلى آذاننا ، ينتقل إليها خلال الهواء ، كما يمكن أن ينتقل الصوت خلال مواد أخرى بدرجات متفاوتة ، ففي بعض المواد يكون انتقال الصوت أسرع وأوضح من انتقاله خلال الهواء .

وفي الأزمنة القديمة ، تعلم الناس أن يضعوا آذانهم على الأرض لينصتوا ، ويتبينوا إن كان هناك شخص مقبل .

ذلك أن صوت الأقدام المقربة ينتقل في الأرض الصلبة أحسن مما ينتقل في الهواء . وإذا وضعت ساعة على مائدة عارية ، أمكنك أن تسمع دقاتها أوضح ، إذا وضعت أذنك على جزء من سطح المائدة ، فالصوت ينتقل جيداً من خلال الخشب الصلب ، وينتقل في المعدن بدرجة جيدة أيضاً .

وكثيراً ما يطالب السكان بفتح أنابيب البخار الساخن للتدفئة فيطرقون أنابيب المياه الساخنة ، فينتقل الصوت إلى حجرة التسخين خلال معدن الأنابيب ، فيلبى طلبهم .

وإذا ضربت قطعتين من الحجر إحداهما بالأخرى ، ورأسك تحت الماء ، فإن ذلك يحدث صوتاً يصم الآذان ، ففي الماء أيضاً ينتقل الصوت جيداً .



ويتحدث الطفلان - كما يبدو في صورة الغلاف الداخلي لهذا الكتاب - في تليفون مصنوع من علب من الصفيح ، فالعلبتان متصلتان بحبل متين مشدود بينهما ، فالحديث في إحدى العلبتين يجعل قاعها يهتز ، وهذا الاهتزاز ينتقل خلال الحبل ، فيجعل قاع العلبة الأخرى يهتز بالنظام نفسه فيسمع فيه الكلام .

ويمكن الاستعانة بالموجات الصوتية في عمل حيل سحرية ؛ ففي إمكانك أن تجعل لعبة على شكل كلب من الصفيح تخرج من مسكنها عندما تنادىها . وتفسير ذلك أنه عندما تصطدم الموجات الصوتية بمعدن اللعبة ، تهتز للدرجة تكفي لانطلاق زنبرك في داخلها ، فيتحرك الكلب خارجاً من مسكنه .

حركة بطيئة :

الصوت أشبه بحركة بطيئة ، ولو أنه ينتقل بأسرع مما يمكنك أن تجرى ، بل بأسرع من أية طائرة ، إلا أنه أبطأ من الضوء بكثير .

انظر إلى الصورة في صفحة ١١ تر بنتاً قد وضعت إصبعها في أذنها ، لتتحاشي بذلك صوت الرعد ، فهي تعرف أن الرعد ينشأ من البرق ، وهو يأتي دائماً بعد مشاهدة وميضه ، لأن انتقال الضوء الناشئ من وميض البرق أسرع بكثير من انتقال صوت الرعد .

والضوء ينتقل بسرعة عظيمة حتى إنه من الصعب أن نتصور مداها (مقدارها) ، فإنه ينتقل بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميل في الثانية أى حوالى ٣١٦,٢٠٠,٠٠٠ متر في الثانية ، فهل يمكنك أن تتصور دورانه حول العالم سبع مرات ونصف مرة في الوقت نفسه الذى تعد فيه : واحد ، اثنان ؟



بهذه السرعة يسير الضوء !

وينتقل الصوت في الهواء بسرعة تبلغ حوالى
 $\frac{1}{5}$ ميل فى الثانية ، أى ٣٤٠ متراً فى الثانية ،
ولنفرض أن وميض البرق يبعد عنك بمسافة قدرها
ميل ، فإن ضوء الوميض يصل إليك فى زمن
يكاد يكون معلوماً ، ولكنك تسمع الرعد الناشئ
عنه بعد خمس ثوان ، فإذا كان الوميض على بعد
ميلين ، فإنك تنتظر عشر ثوان قبل أن يسمع الرعد.
وإذا لم تكن قريباً جداً من قاطرة بخارية
عندما تصفر ، فإنك تشاهد السحابة الناتجة من
البخار المتسرب منها قبل أن تسمع صفيحها .

وإذا كنت فى المقاعد العليا فى ساحة لعب
كرة « الهوكى » فإنك تشاهد اللاعب وهو
يضرب الكرة قبل أن تسمع ضربتها .

والآن وقد عرفت أن الصوت ينتقل أبطأ بكثير
من الضوء فإنه يمكنك أن تفهم السبب فى الظواهر
السابقة .

الطفلان فى الصورة فى الصفحة المقابلة
(صفحة ١٠) يتحدثان فى التليفون .

ويعتقد كثير من الناس أن الصوت ينتقل فى
أسلاك التليفون ولكن الحقيقة ليست كذلك . إنه
التيار الكهربى . فعند تحدثك فى جهاز الإرسال
فى التليفون فإن التيار الكهربى يجعل المستقبل الموجود
فى نهاية الخط يكرر ما تقول .



ولو كان الصوت ينتقل حقيقة خلال أسلاك التليفون ، لكان الحديث لمسافات بعيدة يستغرق فترة طويلة ، ولنفرض أنك في نيويورك وتحدث مع شخص في سان فرانسيسكو ، فإنك عندما تقول : « آلو » لابد أن تنقضي خمس عشرة دقيقة قبل أن يسمعك صديقك ، ولكن الواقع أنه يكاد يسمعك تقول : « آلو » بمجرد أن تنطقها ؛ فالكهرباء سريعة الانتقال جداً كالضوء ..

ومدينة سان فرانسيسكو تبعد عن مدينة نيويورك حوالي ٥٠٠٠ كيلومتر ، فقد تظن أن الصوت لا يستغرق أكثر من خمس عشرة دقيقة لينتقل خلال أسلاك التليفون إلى سان فرانسيسكو ، والأمر الواقع غير ذلك لأنه إذا كان صوتك مرتفعاً جداً حتى يمكنك أن تصرخ لصديقك في سان فرانسيسكو ، فهو لا يسمعك قبل مضي أربع ساعات على الأقل ، فالصوت عموماً أسرع بكثير في المعدن كالأسلاك التليفونية ، فهو ينتقل في الماء بسرعة تبلغ أضعاف سرعته في الهواء ، ومع ذلك ، حتى إذا انتقل الصوت في الصلب ، فإنه أشبه بحركة بطيئة إذا قارنته بالضوء أو الكهرباء .

صدى الصوت :

انظر إلى صورة الفتى في صفحة ١٣ وهو يصيح . إنه يسمع كل ما يهتف به مرتين ، فهو يسمع كلماته أولاً عندما يهتف بها ، ثم يسمعها ثانية بعد مضي ثوان . إنه يسمعها وهي ترتد في هذه المرة صدى لصوته .

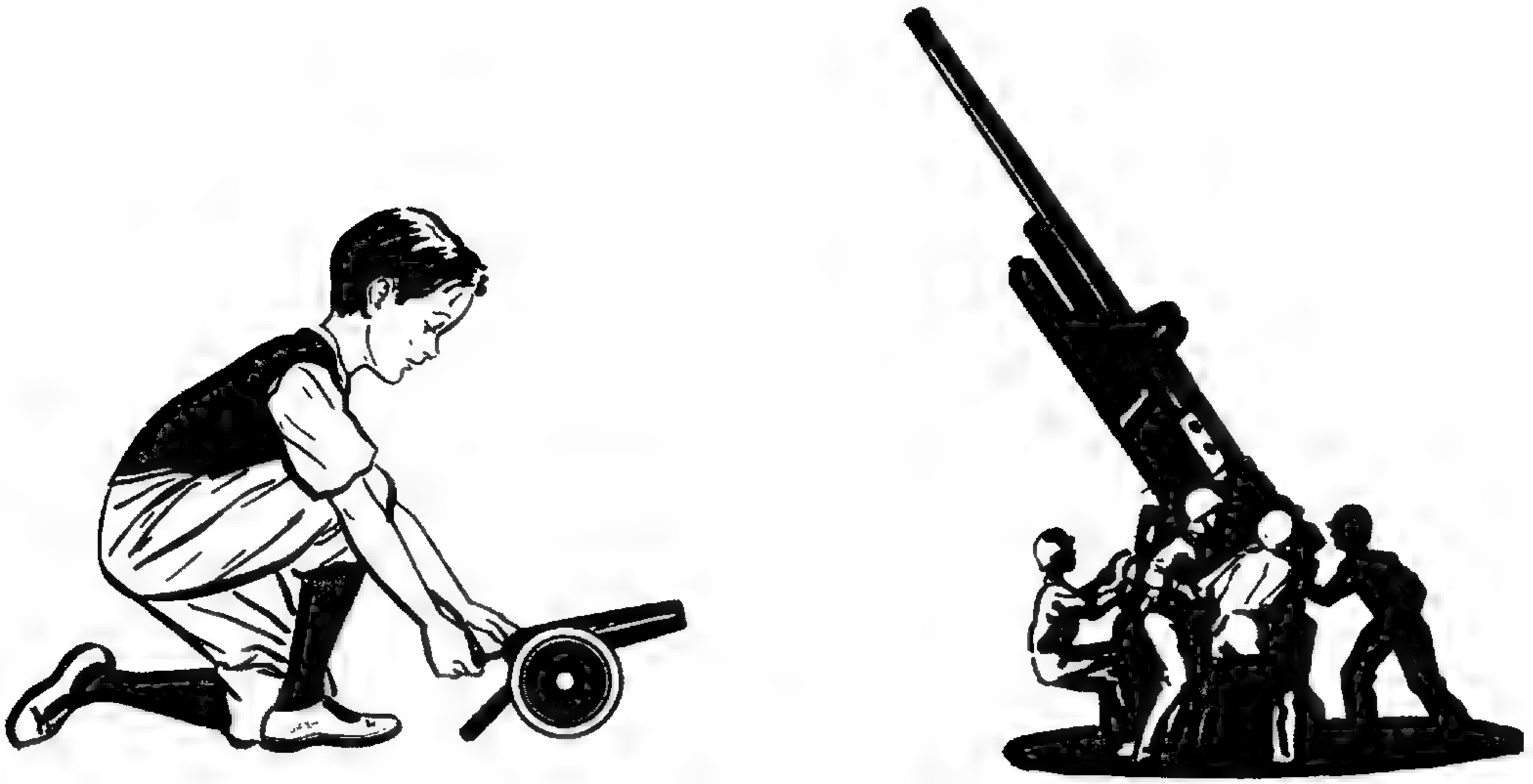
لقد وجدت أن الموجات الصوتية يمكن أن تنعكس ، وعلى ذلك أصبح من السهل أن تفهم معنى الصدى ، فالموجات الصوتية عندما تقابل جداراً صلباً تنعكس إلى المكان الذي بدأت منه .

وفي الصورة نشاهد جبلاً صخرياً أمام الفتى ، وهو الذي يعكس الصوت ويسبب الصدى ، ولنفرض أن سفح الجبل يبعد عن الفتى ٣٤٠ متراً . فلا بد إذن أن تنقضي ثانيتان بعد صياحه قبل أن يسمع صدى صوته ، لأن الموجات الصوتية تستغرق ثانية حتى تصل إلى السفح ، وثانية أخرى لتعود منه إلى أذن الفتى .



ومن الممكن أن ينعكس صدى الصوت عدة مرات إذا كان المكان محاطاً بالجبال ،
 ففي أيرلندة مثلاً مكان شهير بأصدائه ، فهناك بعض البحيرات الصغيرة تحيط بها جبال
 من جميع الجهات ، فإذا ما أذيعت نغمة موسيقية من فوق شاطئ إحدى هذه البحيرات
 فإن صداها يتكرر مئات المرات ، ولكن هذا الصدى بطبيعة الحال يضعف شيئاً فشيئاً .
 وقد نجد في بناء كبير جداراً بدون نوافذ . فإذا شئت أن تقوم بتجارب على صدى
 الأصوات ، فيمكنك أن تحاول الهتاف أمام جدار خال من النوافذ ، فالجدران التي من
 هذا النوع تردد الصدى عادة ، ولكن يجب أن تتأكد أنك لست قريباً جداً من الجدار ،
 إذ يجب أن تكون بعيداً عنه بحوالى ١٨ متر على الأقل ، لأنك إذا كنت قريباً جداً
 منه ، فالموجات الصوتية ترجع إليك بسرعة ، فيختلط صوتك وصداه ويظهران كأنهما
 صوت واحد .

وتحدث بعض الحجرات صدى للأصوات ، وهذا الصدى قد يكون مصدراً
 للمضايقة ، ولهذا تعلق الستائر عادة على جدران قاعات الموسيقى لمنع صدى الأصوات
 من الحدوث . وقد يتخذ من تجاوب الصدى وسيلة للمداعبة ، ولكنه يفسد حفلات
 الموسيقى بغير شك .



شدة الصوت :

تحدث الطبلية ، عندما تقررعها بشدة ، صوتاً أكثر ارتفاعاً من الذى تحدثه إذا قرعتها بخفة ، والمدفع يحدث صوتاً أشد ضوضاء من صوت بندقية اللعب ، والهتاف أعلى من الهمس .

فما السبب فى أن بعض الأصوات أشد ارتفاعاً من بعض ؟ لنفكر ثانية فيما تحدثه الحصاة من تموجات عندما تسقط فى بركة مياه ، فإذا كانت الحصاة دقيقة جداً ، فإنها تدفع مياه البركة قليلاً إلى الجوانب عندما تسقط عليها ، ولا تنتشر إلا تموجات خفيفة على سطح البركة ، لا تلبث أن تتلاشى ، ولكن إذا ألقينا حصى أكبر منها بكثير فإنه يدفع المياه إلى مسافة أبعد عندما يسقط عليها ، وتنتشر تموجات أكثر على السطح ، وتمتد إلى مسافة أوسع .

وقرع الطبلية بخفة أشبه بإلقاء حصاة صغيرة فى بركة ماء ، فإن سطح الطبلية يهتز ، ولكنه لا يتحرك إلى الخلف وإلى الأمام إلا قليلاً ، أى فى سعة صغيرة ، ولا تنبعث منه إلا مجرد موجات صوتية ضعيفة .

ولكن عندما تقررع سطح الطبلية بشدة ، فإنها تتحرك إلى الخلف وإلى الأمام مسافة أوسع بكثير وتهتز وتدفع الهواء جانباً إلى مسافة أبعد ، فتصدر منه موجات صوتية قوية .

وشدة الصوت الذى يحدثه أى جسم يتوقف أولاً على مدى حركته عندما يهتز ، وهناك عوامل أربعة تؤثر فى شدة الصوت :

يمكنك أن تحدث صوتاً أشد إذا طرقت شوكة رنانة ثم أوقفها على مائدة من الخشب العارى ، ذلك أن "صوت عندئذ يكون أشد منه إذا أمسكت الشوكة الرنانة فى الهواء ، إذ أن المائدة تزيد الصوت شدة لا هتزازها أيضاً مع اهتزاز الشوكة .

ولا تنس أن للوسط الذى ينتقل فيه الصوت أهميته ، فقد سبق أن عرفت أن الصوت ينتقل فى بعض الأوساط أسرع من انتقاله فى بعضها الآخر .

كما أن بعدك عن مصدر الصوت له أهميته أيضاً ، فإن صوت مدفع كبير فى مكان بعيد جداً قد يكون شبيهاً بصوت مدفع صغير فى مكان قريب .

وحالة أذنيك ، ومدى استعدادهما للسمع لهما بالطبع أهميتهما أيضاً .

درجة الصوت :

إذا كنت ممن يعزفون فى الفرقة الموسيقية المدرسية ، فإنك تعرف أنهماك التلاميذ فى ضبط آلاتهم فى الدقائق السابقة للحفلة ، ولعل العازفين على الآلات الوترية بصفة خاصة ، هم أكثرهم أنهماكاً ، إذ لابد أن يجربوا آلاتهم الموسيقية قبل العزف ، لأنهم يريدون أن يطمئنوا على أن أصواتها لن تكون بعيدة عن المستوى المطلوب ، ونعنى بذلك أنها لن تكون مرتفعة جداً أو منخفضة جداً .



وصوت أى شوكة رنانة له درجة صوتية واحدة . ويمكن أن يكون رفيعاً أو غليظاً ، ولا يمكن جعله أكثر ارتفاعاً أو أقل ارتفاعاً من طبيعته .

وإذا شئت أن تعرف السبب ، فلا بد أن تعرف شيئين : فالشوكة الرنانة تتذبذب دائماً مرات محدودة العدد فى الثانية الواحدة ، وعدد هذه المرات التى تهتزها الشوكة الرنانة فى الثانية الواحدة هو ما نسميه بالتردد ، وعلى هذا التردد تتوقف درجة النغمة الصوتية . ودرجة الصوت الذى تحدثه شوكة رنانة واحدة دائماً ، ولكن شوكات رنانة مختلفة قد تصدر منها أصوات ذات درجات مختلفة طبعاً .

وفى صفحة ١٥ نرى فتاة تعزف على الكمان ، وأوتار الكمان لا تشبه الشوكة الرنانة ، لأن النغمة الصوتية الصادرة من أحدها يمكن تغييرها .

ونشاهد أن الفتاة تحرك مفتاحاً ، وتحريك المفتاح إلى أحد الجوانب يزيد من قوة شدّ الوتر ، كما أن تحريكه إلى الجانب الآخر يقلل من قوة هذا الشد . ولكن كيف يؤثر شدّ الوتر أو ارتخاؤه ؟

إن زيادة الشد فى الوتر تجعل تذبذبه أسرع منه عندما تمرّ عليه القوس ، فنتج نغمة موسيقية أعلى ، أما ارتخاء الوتر فيجعله أبطأ تذبذباً ، فتصدر عنه نغمة أغلظ .

وللكمان أربعة أوتار ، كل وتر منها يهتز ، والكمان لا يكون آلة موسيقية هامة إذا اقتصر على إصدار أربع نغمات فقط ، وكل من يعزف على الكمان يعرف كيف يصدر من الوتر الواحد عدة نغمات مختلفة وذلك بضغط الإصبع فى أماكن مختلفة عليه ، فلا يهتز



إلا جزء الوتر بين الإصبع وقنطرة الكمان ؛ وتقصير جزء من الوتر يجعله أسرع تذبذباً ، فتصدر منه نغمات أعلى درجة .

ولنفرض أنك مبتدئ في العزف على الكمان ، وأن وترًا قد انقطع ، فإنك تضع مكانه وترًا جديدًا ، وإذا كانت البطاقة الدالة على نوع الوتر المقطوع قد انتزعت ، فإنك لا تكون واثقًا من أنه هو النوع المطلوب ، وإذا وجدت أنه لا يمكنك أن تشده لتصدر منه النغمة العالية المطلوبة ، فلا بد عندئذ أن يكون الوتر غير ملائم ، فأى نوع من الأوتار يجب أن تبحث عنه إذن ؟ يجب أن تبحث عن وتر أنحف ، فإن الوتر النحيف أسرع تذبذباً من الآخر إذا شد بالقوة نفسها .

إنك تعرف الآن أن درجة الصوت الصادر من وتر الكمان تعتمد على ثلاثة عوامل ، وهى : سمك الوتر ، ومقدار قوة شده ، ومقدار طول الجزء الذى يهتز منه . ويمكنك أن تستنتج بنفسك تأثير هذه العوامل الثلاثة إذا جربتها على وتر من المطاط .

الضوضاء والموسيقى :

الموسيقى والضوضاء كلتاها ناتجتان عن الاهتزاز، ولكن تختلف الاهتزازات في كل منهما عن الأخرى ، فالاهتزازات التى تحدث الأصوات الموسيقية منتظمة ، أما التى تحدث الضوضاء ، فهى غير منتظمة .

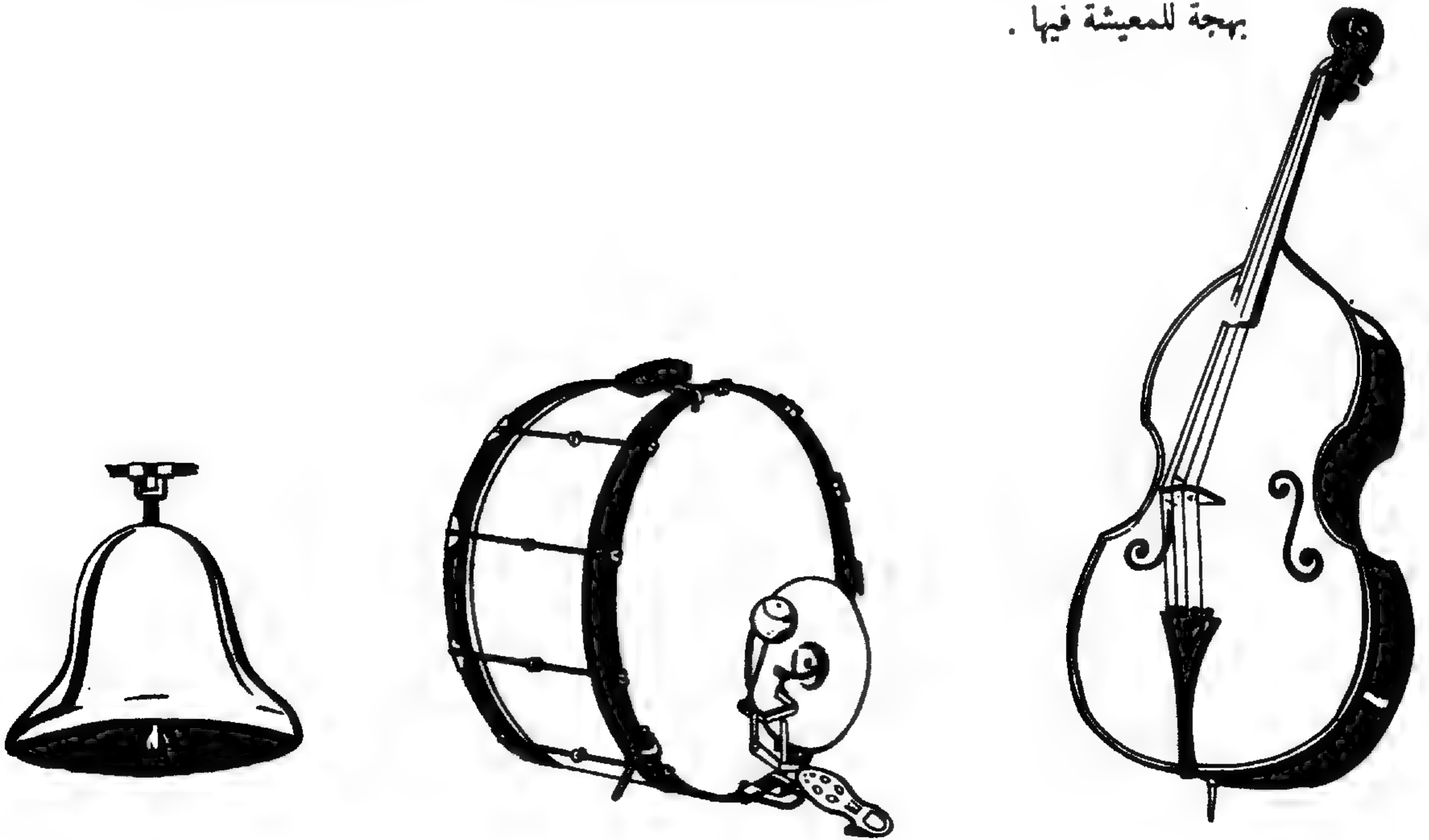
فالصوت الذى تحدثه الشوكة الرنانة مثلا صوت موسيقى ، لأنه ناشئ عن اهتزازات منتظمة .



انظر فى صفءة ٦ إلى الأثر الذى تركته الشوكة الرنانة ، تشاهد أنه منتظم جداً .
والأصوات الموسيقية سارة عادة ، ولكنها ليست كذلك دائماً ، فقد تكون مثلاً مرتفعة
لدرجة أنها لا تبعث السرور فى النفس ، فلا يود أحد أن يسمع فرقة موسيقية كبيرة
تعزف فى حجرة صغيرة .

والأصوات التى يحدفها الأولاد فى تقليدهم للعرض العسكرى - كما فى صفءتى
١٦ ، ١٧ - ما هى إلا ضوضاء ، وإذا كان الأطفال يعتقدون أن الضوضاء بهيجة ،
ولكن السيدة العجوز التى تصم (تغلق) أذنيها بيديها لا توافقهم على هذا الرأى .
ولا يحب كثير من الناس أن يعيشوا فى المدن الكبيرة بسبب الضوضاء فيها ، ويخبرنا
الآطباء أن الضوضاء الشديدة ليست من مصلحتنا ، فقد تحرمنا النوم الذى نحتاج
إليه ، وقد تجعلنا عصبيين ومرهقين .

وهناك طرق عديدة لتخفيف الأصوات ؛ ففى كثير من المطاعم تصنع الجدران من
مادة لا تعكس الصوت جيداً ، والمطاعم المصنوعة جدرانها من هذه المادة التى لا تعكس
الصوت جيداً ، لا تحدث حركة الأطباق بداخلها أى ضوضاء صاخبة . وللسيارات
آلات بكائمة تخمد الصوت الذى تحدثه محركاتها ، وهناك طرق أخرى لإخماد الصوت
أيضاً ، ومن المحتمل أن تظهر طرق أكثر وأكثر ، وعندئذ ستصبح المدن أماكن أكثر
بهجة للمعيشة فيها .



الآلات الموسيقية :

هناك أنواع عديدة من الآلات الموسيقية ، والصور على الصفحتين ١٨ و ١٩ تبين ستة أنواع منها ، ونجد في كل آلة موسيقية جزءاً يهتز عندما تعزف الآلة ، ولنبحث في الجزء الذي يهتز في كل من هذه الآلات الست .

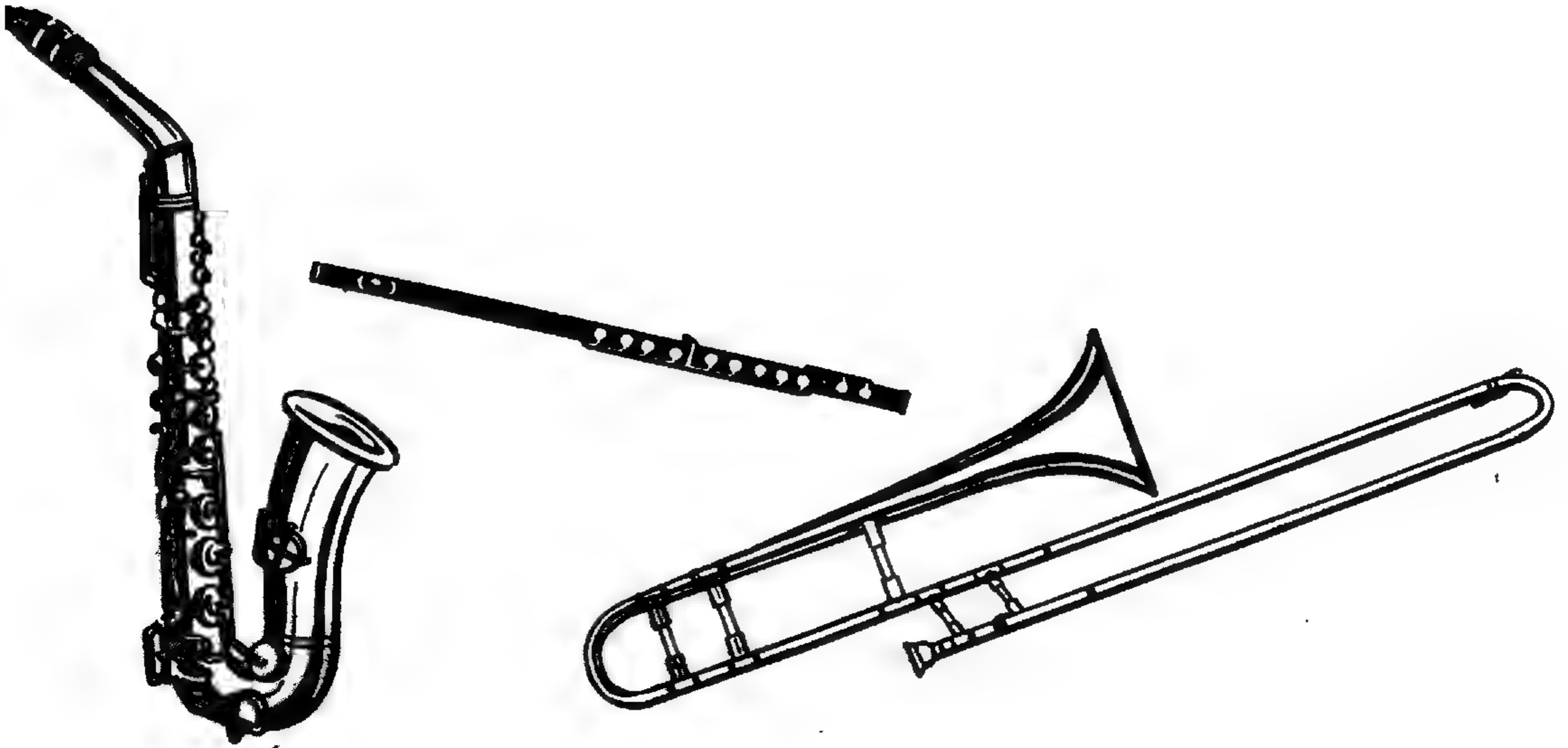
فالكمان المزدوج « أكبر آلات الكمان » يشبه الكمان المعتاد كثيراً إلا أنه أكبر منه ، وله أربعة أوتار ، ويعزف عليه بقوس ، والأوتار تهتز عندما تمر عليها القوس ؛ ويمكن للعازف عليه أن يحدث نغمات كثيرة مختلفة ، وذلك بوضع أصابعه على أماكن مختلفة من الأوتار .

وغشاء الطبلية قطعة من الجلد مشدودة ، وهذه القطعة تهتز عندما يضرب عليها قارع الطبلية بعصاه .

ولا يمكن لقارع الطبل أن يعزف نغمة موسيقية عليها ، فالطبلية لا يصدر عنها إلا صوت واحد في كل مرة تفرع فيها إلا إذا تغير شد الجلد بين فترة وأخرى ، وزيادة الشد في غشاء الطبلية يجعلها تحدث صوتاً أعلى درجة .

والطبلية الكبيرة — كالتى تراها في الصورة — يصدر عنها دائماً صوت يكاد يكون غليظاً ، والطبلية الصغيرة يصدر عنها صوت أعلى درجة من صوت الطبلية الكبيرة .

وعندما يدق الجرس من مقبضه يهتز كله ، فالجرس يشبه الشوكة الرنانة وتنبعث منه دائماً نغمة واحدة لا تتغير .



ويمكن عزف نغمات متنوعة على مجموعات من الأجراس . والرنات المنبعثة من أجراس عديدة تكلف كثيراً ، إذ ليس من السهل صنع جرس تنبعث منه النغمة المطلوبة بالضبط .

أما الآلات الثلاث الأخرى التي في الصور فإنها كلها آلات تعتمد على الهواء ، فيُعزف عليها كلها بالنفخ ، والهواء في داخل كل آلة منها هو الذي يهتز وتصدر منه الموجات الصوتية ، ولكن هذا الهواء يمكن أن يهتز بطرق مختلفة .

فالعازف يدفع الهواء في الناي « الفلوت » إلى الاهتزاز بالنفخ في ثقب موجود في أحد طرفيه ، ويمكنه أن يعزف قطعة موسيقية على الناي ، وذلك لأنه يستطيع أن يحدث نغمات مختلفة ، وهذه النغمات المختلفة تحدث بتغيير طول عمود الهواء المهتز داخل الناي ، وعلى امتداد الناي ثقب صغيرة يمكن فتحها أو إغلاقها ، وبإقفال هذه الثقوب بعضها أو كلها يتغير طول عمود الهواء .

وفي الساكسفون عمود رفيع من مادة تهتز عندما يعزف اللاعب .

هل أمسكت يوماً عوداً من الكلا بين إبهاميك وأحدثت صوتاً بالنفخ فيه ؟ إن المادة المصنوعة على شكل عمود في « الساكسفون » تقوم بعمل ساق النبات وتسمى قصبة .

وعندما تهتز القصبة في الساكسفون ، تدفع الهواء فيهتز داخل الساكسفون . وللساكسفون ثقب مثل ثقب الناي ، ويمكن للعازف عليه أن يصدر نغمات عالية أو خافتة .



ولإنها لمتعة أن نشاهد عازفاً يعزف بالترمبون Trombone وهو آلة موسيقية نحاسية كبيرة عليها قطعة تنزلق لتغيير طول الأنبوبة ، وعند عزف قطعة موسيقية شائقة عليها ، لا بد للعازف أن يحرك الجزء المتحرك من الترمبون إلى الداخل والخارج بسرعة ، وبذلك يغير طول عمود الهواء داخل الترمبون .

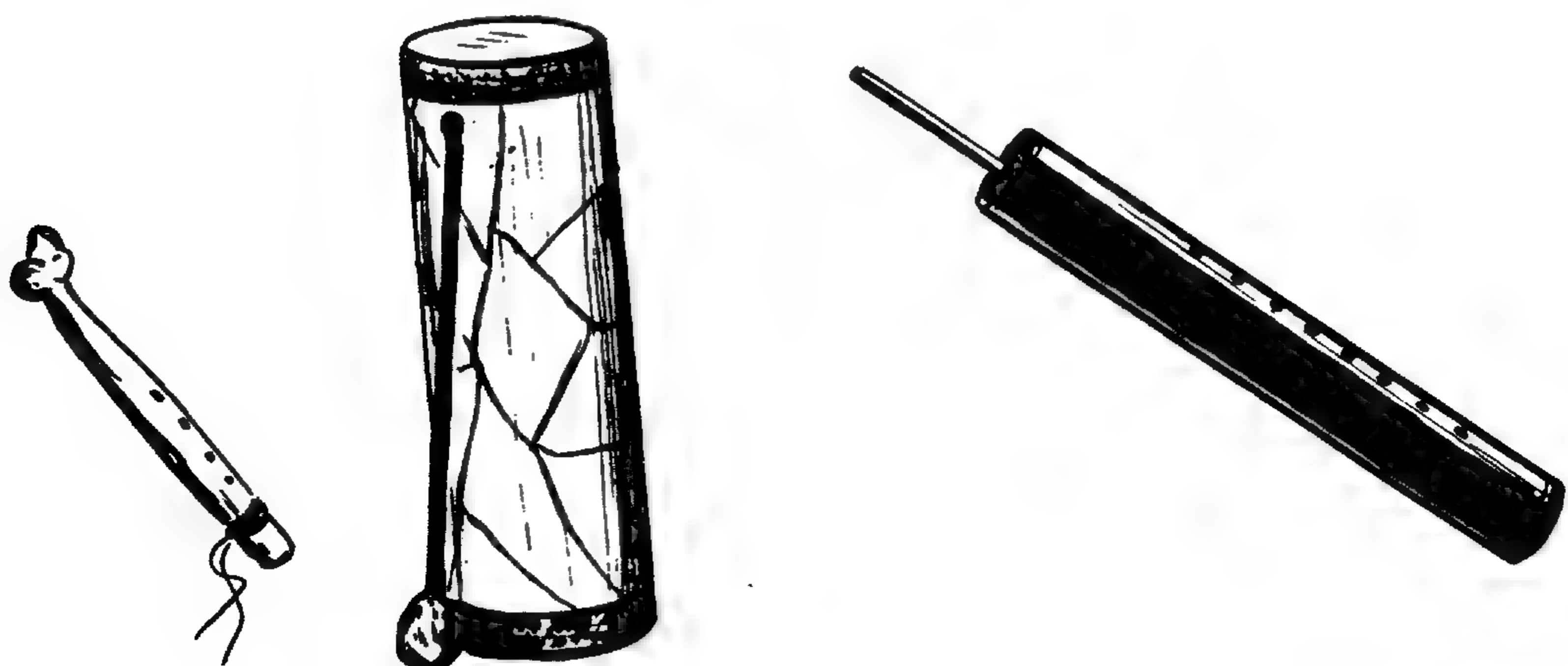
ولكن هل يمكنك أن تعرف ما يدفع الهواء في الترمبون إلى الاهتزاز ؟ إنه العازف الذي يجعل شفثيه تهتز !

وإذا نظرت إلى الآلات الموسيقية الأخرى ، وجدت أنها كلها تكاد تشبه إحدى الآلات الست السابقة الذكر .

وقد يثير البيانواهتمامك ، فإن له أوتاراً ، ولكنه لا يشبه الكمان ، ولا الكمان المزدوج ، فالأوتار أولاً داخل البيانو ، وثانياً عددها كبير ، كما أن هناك وترّاً منفصلاً لكل نغمة يمكن أن تصدر من البيانو ، وبالقرب من كل وتر مطرقة صغيرة مغطاة باللباد . وكل مطرقة متصلة بمفتاح من مفاتيح البيانو ، وعندما يضرب العازف على مفتاح منها ، تضرب المطرقة المتصلة به الوتر الذي أمامها وتجعله يهتز فيعطى النغمة المطلوبة .

والصوت الصادر من وتر قوس الصيد لا بد أن يكون هو الذي أعطى الإنسان القديم فكرة عن الآلة الموسيقية ذات الأوتار .

أما كيف ابتكر الإنسان الأنواع الأخرى من الآلات ، فهذا من باب التخمين والاجتهاد ، ولكننا نعرف أنه كان عند الناس آلات موسيقية منذ عهد بعيد ، وربما كانت الأنواع القديمة من الآلات تشبه أبسط الآلات المستعملة الآن ، وتبين الصور على صفحتي ٢٠ ، ٢١ بعض هذه الآلات البسيطة المستعملة الآن .



الأصوات المسجلة :

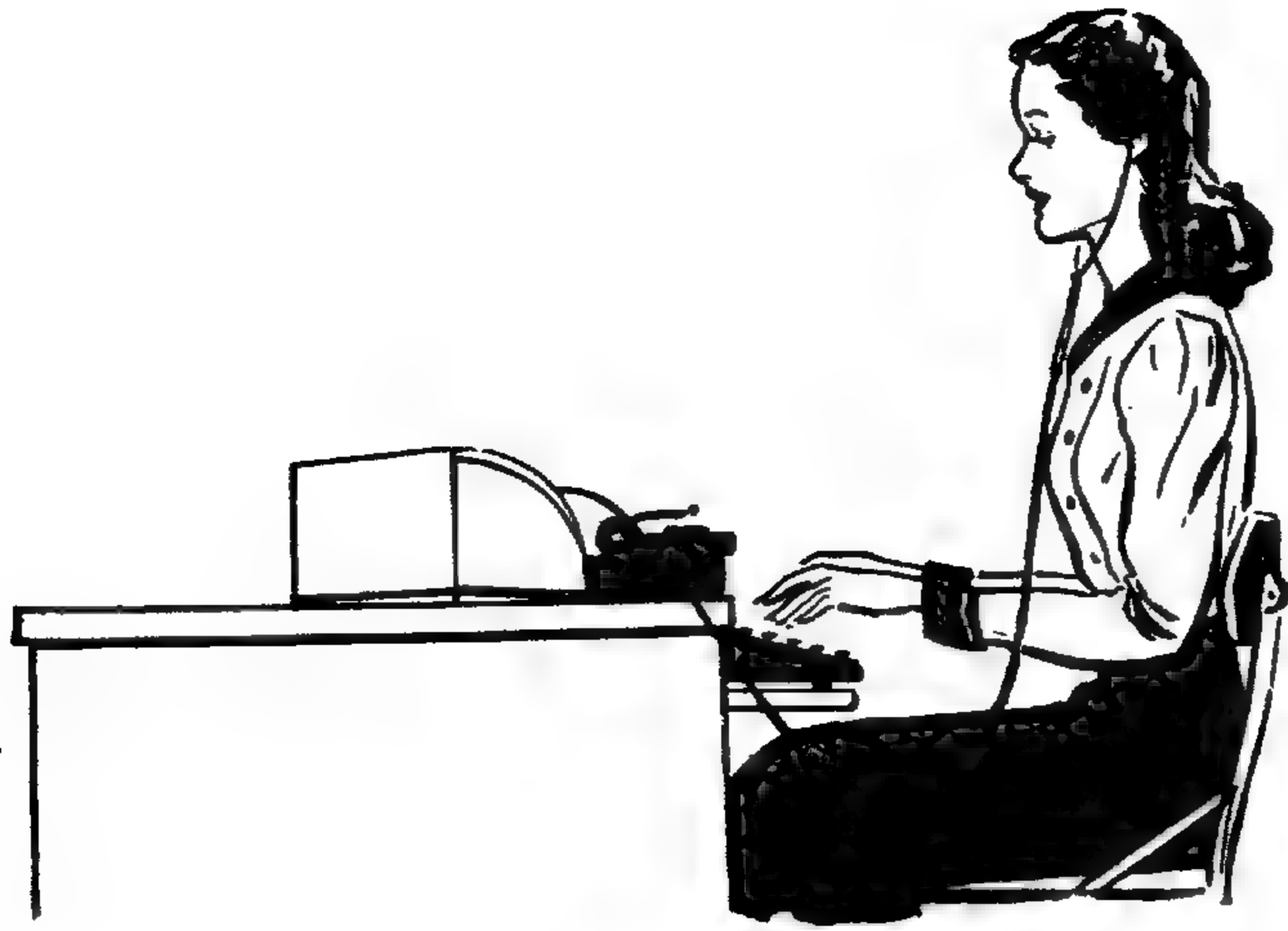
لنفرض أنك تود أن تسمع « السلام الجمهورى » وتريد أن تسمعه كما يسمع عندما تعزفه فرقة موسيقية ، فهل تضطر إلى الانتظار حتى تذهب إلى حفلة موسيقية يعزف فيها لاداعى لذلك مطلقاً إذا كان عندك الحاكي (الفونوغراف) فيمكنك أن تحصل على أسطوانة له وتسمعه فى أى وقت تشاء .

والموسيقى على أسطوانات تسمى عادة « الموسيقى المسجلة » . فالأسطوانة يمكن الاحتفاظ بها مدة طويلة جداً ، ويمكن استعمالها فى أى وقت تشاء ، ويحتفظ بها كالفأكهة المحفوظة ، ولكن الفأكهة المحفوظة يمكن الانتفاع بها مرة واحدة ، أما الأسطوانة فيمكن استعمالها مراراً وتكراراً .

وليست كل الأسطوانات موسيقية ؛ إذ توجد أسطوانات متكلمة وأخرى لمختلف أنواع الأصوات .

والرجل الذى تراه فى الصورة يسجل خطاباً على آلة الإملاء الصوتى Dictaphone والفتاة فى الصفحة التالية تدير الأسطوانة نفسها ، فهى تكتب الخطاب على الآلة الكاتبة فى الوقت الذى تسمعه فيه ، وبطريقة « الديكتافون » يمكن للإنسان أن « يقول » خطاباً فى أى وقت يشاء ، كما يمكن كتابته فى أى وقت فيما بعد .





ومعرفة الطريقة التي يشتغل بها « الديكتافون » تساعدك على أن تفهم كيف يشتغل الحاكى ، وكيف تصنع أسطواناته .

الخطوة الأولى فى عمل أسطوانة الديكتافون هى أن تضع أسطوانة جديدة خالية على الديكتافون - وهى مصنوعة من الشمع - ثم يبدأ محرك الديكتافون فى إدارة الأسطوانة . ثم يتحدث الشخص الذى يسجل الخطاب فى الديكتافون ، فتقابل الموجات الصوتية الصادرة منه لوحة رقيقة مصنوعة من مادة مرنة وتسمى الغشاء « ديافراجم » فتدفع الموجات الصوتية هذا الغشاء إلى الاهتزاز .

وفى وسط الغشاء إبرة يرتكز طرفها على الأسطوانة ، وعندما تدور الأسطوانة تحدث الإبرة عليها مجرى لها ، وعندما يهتز الغشاء تتحرك الإبرة من جانب إلى آخر ، فتحدث مجرى متموجاً فى الأسطوانة وتؤدى هذه الأسطوانة نفس عمل أسطوانة الحاكى . فيدار المحرك وتوضع الإبرة فى المجرى ، وعندما تدور الأسطوانة تتحرك الإبرة فى المجرى ، وعندما تنتقل من جانب إلى آخر تدفع الغشاء للاهتزاز فتصل من الغشاء موجات صوتية تشبه الموجات الصوتية التى كانت قد أثرت فى الغشاء عند تعبئة الأسطوانة فى أول الأمر .

ألا ترى أن قصة سماع أسطوانة الديكتافون هى قصة تعبئتها نفسها بطريقة عكسية . وقد كان المعتاد أن تعبأ أسطوانات الحاكى بالطريقة نفسها التى تعبأ بها أسطوانات

الديكتافون الآن ، ولكن يعبأ معظمها الآن بطريقة أحسن منها ، والإبرة التي تمر على الأسطوانة ليست مثبتة في الغشاء ، وعندما تقع الموجات الصوتية على الغشاء تهتز ، فيقوم تيار كهربائي بحمل هذه الاهتزازات إلى الإبرة فتكوّن مجرى محزوزاً ، كما تفعل في أسطوانة الديكتافون بالضبط .

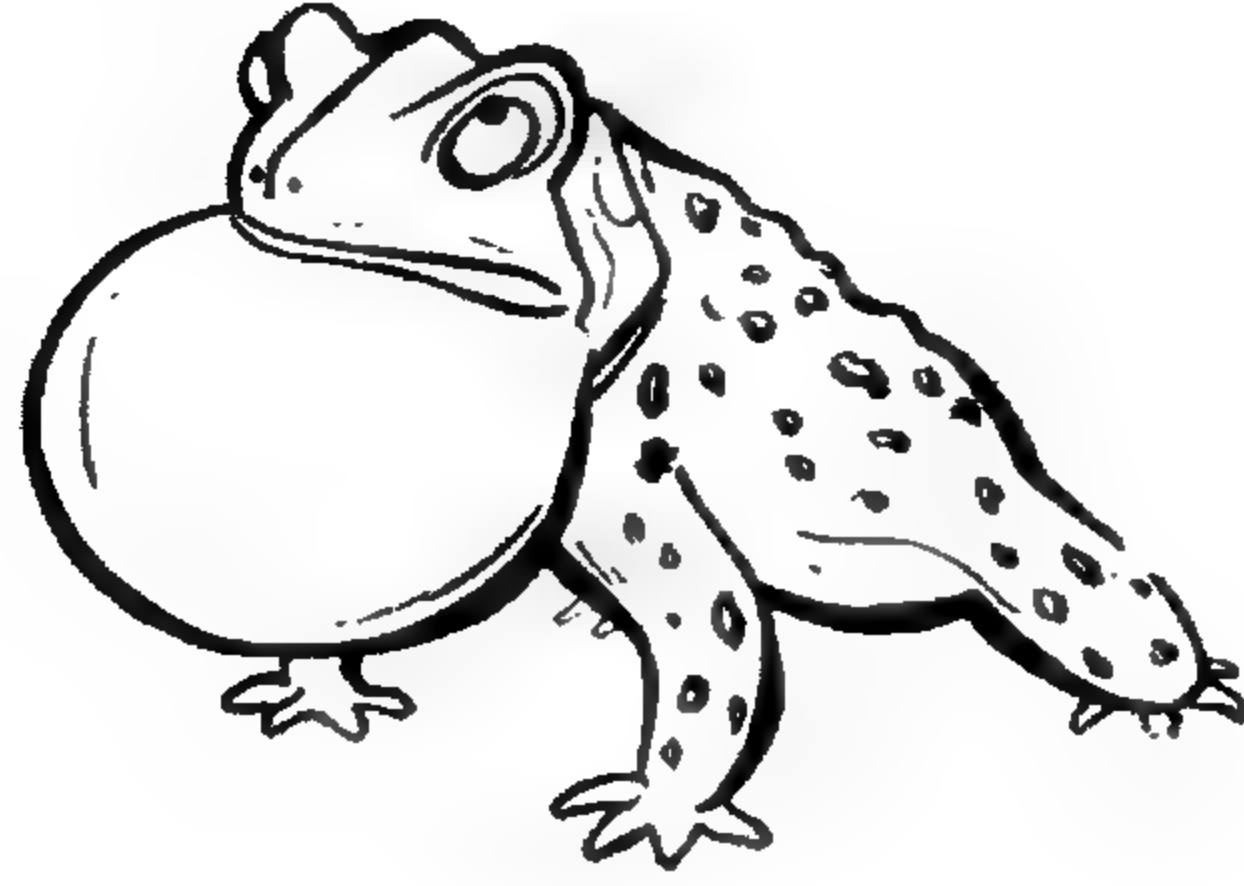
وفي الحاكى يمكن أن تثبت الإبرة التي تمر على الأسطوانة في الغشاء مباشرة كما يحدث في الديكتافون ، وكذلك يمكن أن تنتقل اهتزازات من الإبرة إلى الغشاء بتيار كهربائي . وربما تكون قد سجلت أسطوانات الحاكى بنفسك . وبعض أنواع الحاكى تستعمل لتسجيل الأسطوانات ، كما يستعمل بعضها الآخر لسماعها .

كيف نتكلم ؟

قد علمت ما فيه الكفاية الآن عن الصوت ، حتى إنك تعرف أنه عندما تتحدث لابد أن هناك جسماً يهتز ، وهذا الجسم المهتز هو الحبال الصوتية ، وحبالك الصوتية وتران من الجلد الأبيض ، مشدودان على صندوقك الصوتي ، وصندوقك الصوتي في حلقك ، وهو ما يسمى « تفاحة آدم » .

ويمكنك أن تتحسس تفاحة آدم بسهولة : ضع يدك على حلقك ، ثم ابتلع شيئاً ما تلاحظ تحرك تفاحة آدم إلى أعلى وإلى أسفل .





وعندما تتنفس ، شهيلاً وزفيراً ، يمرّ الهواء من حبالك الصوتية ، والهواء المار بين الحبال لا يجعلها تهتز ، إذ أنها تمتد في صندوقك الصوتي وهي مرتخية جداً ، ولكن إذا أردت أن تتكلم ، فإنك بهذا تعمل على شد الحبال الصوتية في صندوقك الصوتي ، ثم تدفع الهواء من رئتيك ليخرج من هذه الحبال فتهتز ، وتصدر منها موجات صوتية . ويساعدك لسانك وشفثاك وأسنانك على تكوين الكلمات من الأصوات التي تحدثها حبالك الصوتية .

حاول أن تقول : « كان عند مريم حمل صغير » وفك مفتوح ، ولسانك ثابت في مكانه ، تجد أنه لن يمكنك ذلك ، لأنك لا تستطيع الكلام بحبالك الصوتية وحدها . وكذلك لأنفك علاقة بالكلام أيضاً ، فإذا كان أنفك مسدوداً فإنك تجد من الصعب أن تقول بوضوح الكلمات التي فيها « م » أو « ن » ، وكثيراً ما يقول الناس عندما يصاب شخص بالبرد إنه يتكلم من أنفه ، ولكن الواقع أنه يفعل عكس ذلك تماماً « لأن الكلام حينئذ يخرج من الفم فقط » .

ويمكن لبعض الناس أن يتحكموا في أصواتهم حتى يخيل إلينا أنها ليست آتية من الحلق بل من مكان آخر ، ونطلق على الشخص الذي « يلقى » بصوته أنه يتكلم من بطنه ، والشخص الذي يتكلم من بطنه يجعل صوته كأنه آت من لعبة أودمية يمسك بها ، وبعض المتكلمين من بطونهم مشهورون في برامج الإذاعة ، ولكن قد تشهر الدمي التي يتكلمون باسمها ، أكثر مما تشهر أسماء المتكلمين من بطونهم .



حيوانات أخرى نسمعنا أصواتها :

لسنا الحيوانات الوحيدة التي تحدث الأصوات ، فإن نقيق الضفادع أحد دلائل الربيع ، ويمكن للضفادع أن تنقّ لأن لها حبالاً صوتية ، وقد كانت بعض فصائلها التي عاشت منذ ملايين السنين من أول الحيوانات في العالم كله التي كان لها أصوات . والضفدع الذي ترى صورته بصفحة ٢٥ يمكنه أن يحدث صوتاً أعلى مما تظن ، والانتفاخ الذي في حلقه يساعده على ذلك مساعدة كبيرة .

وهذا الانتفاخ هو كيسه الصوتي يملؤه بالهواء ، ثم يدفع الهواء ليمر بين حباله الصوتية ، ولو لم يكن له هذا الكيس الصوتي لاحتاج إلى كميات أكبر من الهواء ليدفعها بين الحبال الصوتية ، وهذا هو السبب في أنه يصدر أصواتاً عالية .

ولكثير من الحيوانات حبال صوتية ، وفي هاتين الصفحتين (٢٦ ، ٢٧) صور لبعضها .

وتختلف أصوات الحيوانات باختلاف نوعها ، فلا يمكن لإنسان أن يقول إن صياح الديك مثلاً مثل صوت الفيل ، أو إن زئير الأسد كبطبة البط ، ويمكن لكل إنسان أن يميز الفارق بين مواء القط ونقيق الضفدع .

وزئير الأسد من أقوى الأصوات التي يحدثها حيوان ، وقد تعلم الأسد كيف يستعمل

اللوحات الرنانة ، فهو يدفع رأسه ملاصقاً للأرض عندما يزأر ، فتقوم الأرض بدور اللوحة الصوتية العاكسة .

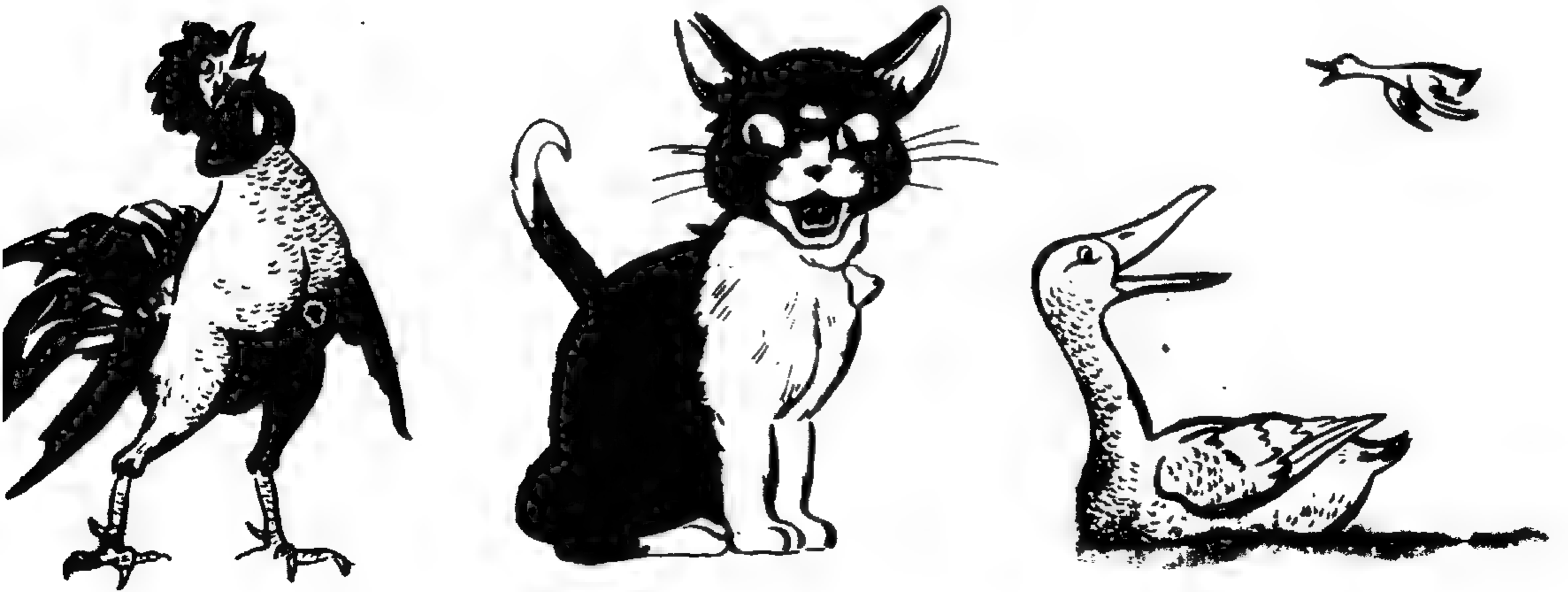
وبالرغم من أن الحيوانات الأخرى لها أصوات ، فإن الناس هم الحيوانات الوحيدة التي يتكلم بعضها مع بعض بكلمات متنوعة .

وتستطيع الببغاء أن تتعلم كيف تردد الكلام ، كما يمكن لكثير من الطيور الأخرى أن تفعل ذلك أيضاً ، فهي تردد الكلمات نفسها التي تسمعها من أفواه الناس ، ولكنها لا تعرف معنى هذه الكلمات التي تنطقها ، وهي لا تستعملها أبداً عندما يتحدث بعضها إلى بعض .

والحيوانات ذات الأصوات ليست الحيوانات الوحيدة التي نسمعنا أصواتها ، فإن « صرّار الليل » يزقزق ، وليس له صوت ، لأن له على أحد جناحيه جزءاً خشناً على شكل مبرد رفيع ، فيحكّ فيه الجناح الآخر فيهزّ الأجنحة ، ويحدث الزقزقة .

والبعوض يطنّ بتحريك أجنحته بسرعة عظيمة ، هكذا يفعل الذباب والنحل . و « نقّار الحشب » له أصوات ، ولكنها ليست جميلة ، فهو ينادى رفاقه بالقرع على شجرة أو عمود تليفون ، أو حتى على سطح علبة من الصفيح ، ويحدث كلب الماء صوتاً مرتفعاً ، وذلك بضرب الماء بمجداف ذيله .

وسميت بعض « الحيوانات بأسماء غير أسمائها الحقيقية » تبعاً للأصوات التي تحدثها ، فيطلق على العقاب الأخضر « الخنزير ذو الصغير » بسبب الصغير المضحك الذي يصدر منه ، و « كلب السمك » هو أحد الأسماك القلائل التي يمكنها أن تحدث صوتاً ، ولقد عرف الثعبان ذو الجرس بأصواته المميزة له .



كيف نسمع ؟

إننا نسمع بأذاننا ، كما تعرف طبعاً ، فإنها تلتقط الموجات الصوتية ثم ترسل الرسائل ، إلى المخ ، ثم نسمع .

وإذا طلب منك أن ترسم صورة للأذن ، فمن المحتمل أن ترسم صورة مماثلة كثيراً للصورة التي في هذه الصفحة ، فهي صورة جيدة للأذن ، ولكنها تبين الجزء الخارجى فقط . ولا يمكن أن نسمع بهذا الجزء وحده .

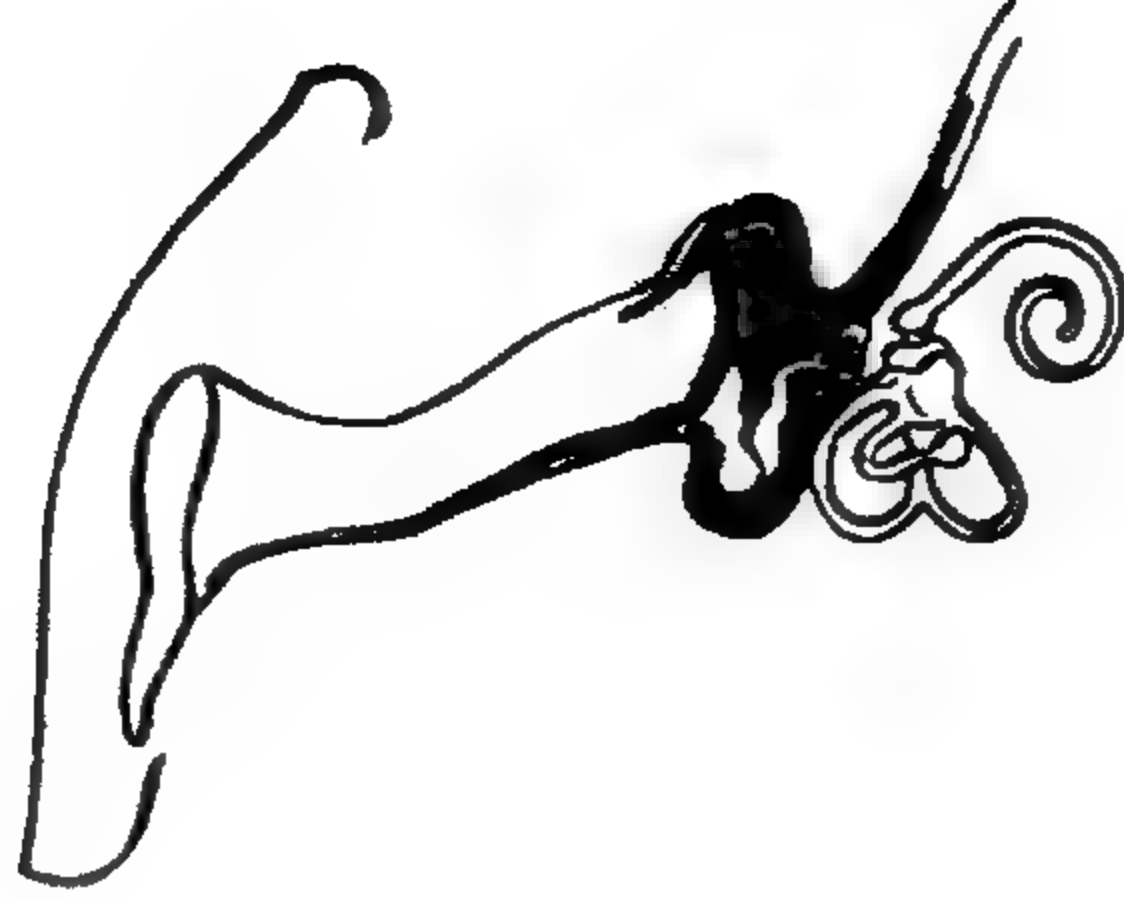
فهناك جزء من الأذن داخل الرأس ، وهذا الجزء هو الأذن الداخلية ، والأذن الداخلية أهم بكثير من الخارجية .

والصورة التي في أعلى صفحة ٢٩ تبين الأذن الداخلية والأنبوبة التي تصل إليها من الأذن الخارجية ، وهناك غشاء رفيع من الجلد يغطى طرف هذه الأنبوبة وهذا الغشاء يشبه غشاء الطبلية ، ويسمى « طبلية الأذن » .

وهناك ثلاث عظام صغيرة ملاصقة لطبلية الأذن ؛ وهى المطرقة والسندان والركاب ، والمطرقة مثبتة فى طبلية الأذن ، ومن « الغرفة الصغيرة » حيث توجد المطرقة والسندان والركاب ، تخرج أنبوبة أفقية تصل إلى الحلق ، وهذه الأنبوبة اسم طويل هو « أنبوبة إستاكيوس » - نسبة إلى مكتشفها .

والأعصاب الصوتية هى التى تحمل الرسائل إلى الجسم ، وهى تحمل الرسائل من كل أجزاء الجسم إلى المخ ، وكذلك تفعل العكس ، فتحمل الرسائل من المخ إلى كل أجزاء الجسم .





وأطراف الأعصاب التي تحمل الرسائل الصوتية إلى المخ موجودة في جزء من الأذن على شكل « القوقعة » ، وهذا الجزء من الأذن مملوء بسائل ، فهل يمكنك أن تجد القوقعة في هذه الصورة ؟ إن الصورة تبين أيضاً ثلاث أنابيب على شكل حدود الحصان ، وتوجد فيها أيضاً سوائل ، وهذه الأنابيب ليس لها أية صلة بالسمع ، ولكنها هامة ، فإنها تساعدنا على الاحتفاظ بتوازننا حتى لا نصاب بالدوار « الدوخة » .

والأذن الخارجية تجمع الموجات الصوتية وترسلها إلى الأذن الداخلية . فإذا أمسكت الميجافون (وهو بوق كبير على شكل قمع يستعمل لتضخيم الصوت) ورفعته إلى أذنك ، فإنك تسمع بوضوح أكثر ، فالميجافون يجمع موجات صوتية أكثر مما تستطيع الأذن الخارجية جمعه ، ولو كانت آذاننا الخارجية مثل الميجافون ، لاستطعنا أن نسمع أحسن ، ولكن الآذان الكبيرة أيضاً تضيقنا ، وزيادة على ذلك فإن المدن الكبيرة كثيرة الضوضاء ، حتى إننا ربما لا نتحمل الضوضاء إذا سمعناها أكثر وضوحاً .

والموجات الصوتية تنتقل إلى طبلة الأذن ، فتدفعها إلى الاهتزاز ، ثم تدفع العظام الثلاث الصغيرة إلى الاهتزاز ، وهذه تحمل الاهتزازات إلى المخ .

ويمكننا أن نعرف من أي اتجاه يأتي الصوت ، ويساعدنا على ذلك أن لنا أذنين ؛ فإذا كان الصوت آتياً من اليمين فإن كلا من الأذنين تجمعان بعض الموجات الصوتية ، ولكن الموجات التي تصل إلى الأذن اليمنى تكون أقوى ، وإذا كان الصوت آتياً من أمامنا مباشرة ، فإن كلتا الأذنين تسمعانه على السواء .

أما الأنابيب الموصلة إلى الحلق فإنها لا تساعدنا على السمع ، ولكنها تساعد على حماية طبلة الأذن حتى يمكننا أن نسمع ، فهي تسمح للهواء بالدخول من الحلق إلى الجانب

الداخلي من غشاء الطبلة ، وهذا الهواء يساعد على حماية طبلة الأذن من التمزق نتيجة للأصوات المرتفعة .

وإذا كنت قد سافرت في رحلة بالطائرة، فإنك تعرف أن المضيقة تمر عادة لتوزيع العلك (اللبان) لمضغه قبل أن تبدأ الطائرة في رحلتها ، ثم توزعه ثانية قبل أن تهبط الطائرة . ومضغ العلك يساعد على حماية طبلة الأذن . وليس فيه أية مساعدة في حد ذاته ، ولكن عندما نمضغ شيئاً ، نستمر في بلع اللعاب ، والبلع يساعدك على الحصول على الكمية الملائمة من الهواء في الأنبوبتين الموصلتين من الأذن إلى الحلق .

ولكى تفهم كيف أن البلع يساعد على حماية طبلة الأذن ، لابد أن تعرف شيئاً عن ضغط الهواء ، فالهواء يضغط كل شيء يلمسه ، فيضغط من أعلى ومن أسفل ومن الجوانب .

والضغط الجوي هو مقدار دفع الهواء ، وكلما ازداد ارتفاعك في الهواء ، قلّ ضغطه . ولنفرض أنك ارتفعت في طائرة ، وليكن لعدة ساعات ، فالضغط على جانبي طبلة الأذن سيكون أقل بكثير مما لو كنت على سطح الأرض ، فإذا كنت على وشك النزول سريعاً ، فإن الضغط على داخل الطبلة يزداد بمعدل سريع أيضاً ، ولذا فإن البلع عندما تمضغ العلك يساعد على دفع الهواء أكثر إلى الأنبوبتين الموصلتين من الطبلة إلى الحلق ، فتحفظ الطبلة من التمزق

وعندما تعرف أنه ستحدث ضوضاء عظيمة ، يكون من المستحسن أن تفتح فك ،



وعندئذ يندفع الهواء إلى كل من جانبي الطبلية بمقدار أشد من المعتاد ، وبذلك لا تضر الضوضاء أذنيك .

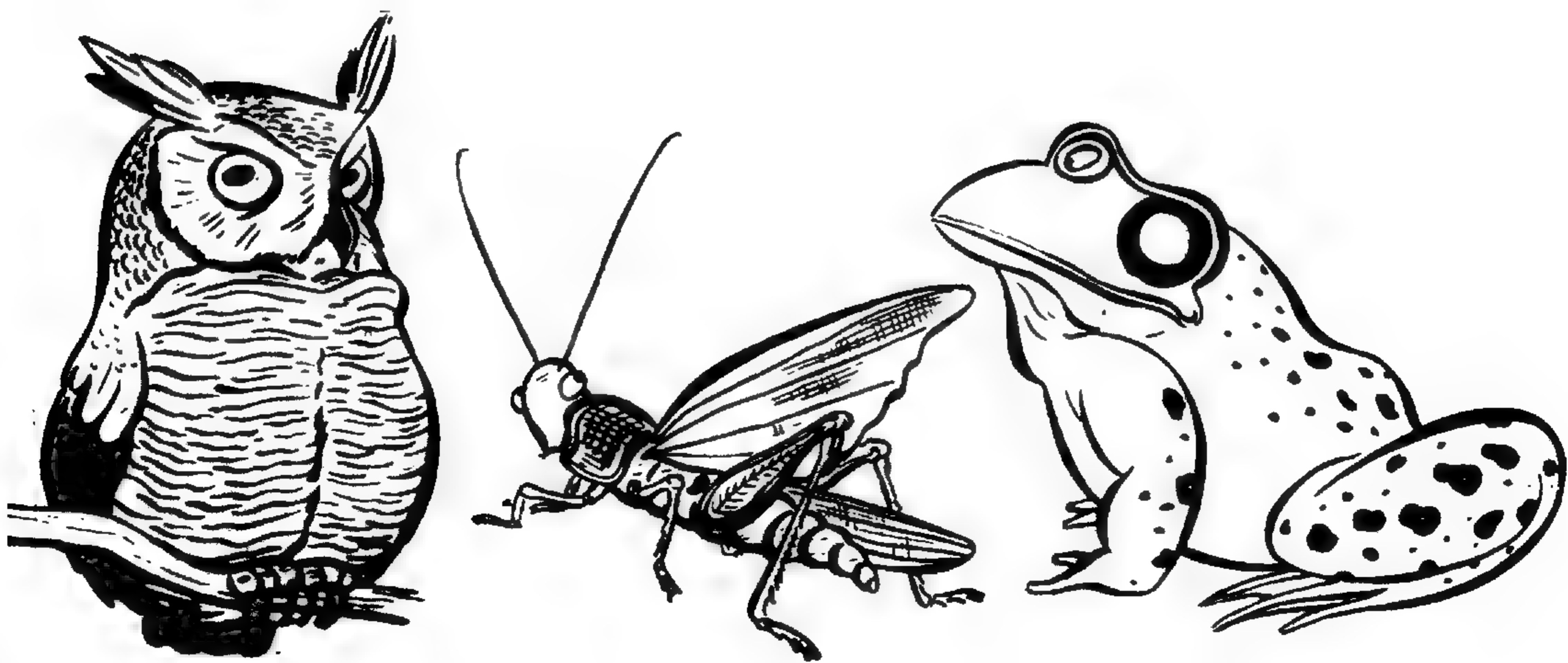
هل سمعت شخصاً يقول إن أذنيه مسدودتان ؟ كثيراً ما تسد أذنا الإنسان عندما يصاب بالبرد ؛ فالبرد يعمل على تضخيم غشاء أنابيب استاكيوس وعندئذ لا يمكن أن يدخل هواء في هاتين الأنبوبيتين من الحلق إلى الأذنين ويصبح الضغط الهوائي على الطبلية من جانب واحد فلا يكون السمع طبيعياً .

ومن الضروري جداً أن تحافظ على أذنيك ، وإلا فإنك قد تصاب بالصمم ، ويعتقد كثير من الناس أن الصمم أسوأ من العمى .

- وأي شيء يضر الطبلية قد يؤدي إلى الصمم ، وصماخ الأذن « المادة الدهنية » الذي يكون في أذنيك يساعد على حماية الطبلية من أن تصبح جافة وصلبة .

ويتكون قدر من الصماخ أحياناً حتى إنه لا بد من إزالته ، ولكن يجب ألا تزيله بأي جسم حاد ، وإلا فإنك قد تحدث ثقباً في طبلية الأذن .

وقد يؤدي بعض الناس آذانهم بالذهاب للاستحمام في مياه ملوثة بالجراثيم ، فإذا ذهبت للاستحمام في مياه لا تثق بنظافتها ، وجب أن تضع غطاء للأذن من أي نوع . وأنت تود طبعاً ألا تضر أذني أي شخص آخر ، فلا تضرب أحداً على أذنيه ، فإن ضرب أي شخص على أذنيه قد يتلف طبلية الأذن ، ولا تطلق بندقية اللعب أو



تحدث أى صوت مرتفع بالقرب من أذن أى شخص ، فإن الصوت المرتفع قد يمزق طبلة الأذن أيضاً ، وطبلة الأذن التى تصاب إصابة يسيرة قد تصلح من تلقاء نفسها ، فالثقب الصغير فى طبلة الأذن كثيراً ما يقفل .

ويصاب بعض الناس بالصمم حتى لو لم تصب الأذن بأذى ، وقد يكون السبب ناتجاً من الأعصاب التى تحمل الرسائل للمخ ، فإذا عجزت أذنك عن إرسال الرسائل إلى مخك ، فإنه لا يمكن أن تسمع مطلقاً .

ولنفرض أن شجرة قد سقطت من أعلى جبل ولم يكن حولها أحد لعدة أميال ، وكذلك لم يكن حولها حيوان من أى نوع ، فهل تحدث الشجرة أى صوت عندما تسقط ؟ لقد حير هذا السؤال كثيراً من الناس ، وهذه هى الإجابة عنه :

إن المسألة تتوقف على ما تقصده من الصوت ، فإذا كنت تقصد به التموجات الصوتية فالصوت إذن موجود . أما إذا كنت تقصد به الرسالة التى تنتقل من الأذن إلى المخ ، فإنه فى هذه الحالة لا يوجد صوت .

وعندما نتحدث عن النظر ، نستعمل الكلمتين « الضوء » و « الرؤية » ؛ فالضوء يصل إلى عيوننا ، أما الرؤية فهى نتيجة الرسالة الواصلة من العينين إلى المخ ، ولكن لا توجد مثل هاتين الكلمتين فى الصوت ، فإذا سألك أى شخص عن الشجرة المذكورة ، فلا بد أن يكون جوابك : « ماذا تقصد بالصوت ؟ »



آذان وآذان :

لسنا الحيوانات الوحيدة التي لها آذان ، فإن لكثير من الحيوانات الأخرى آذاناً أيضاً .

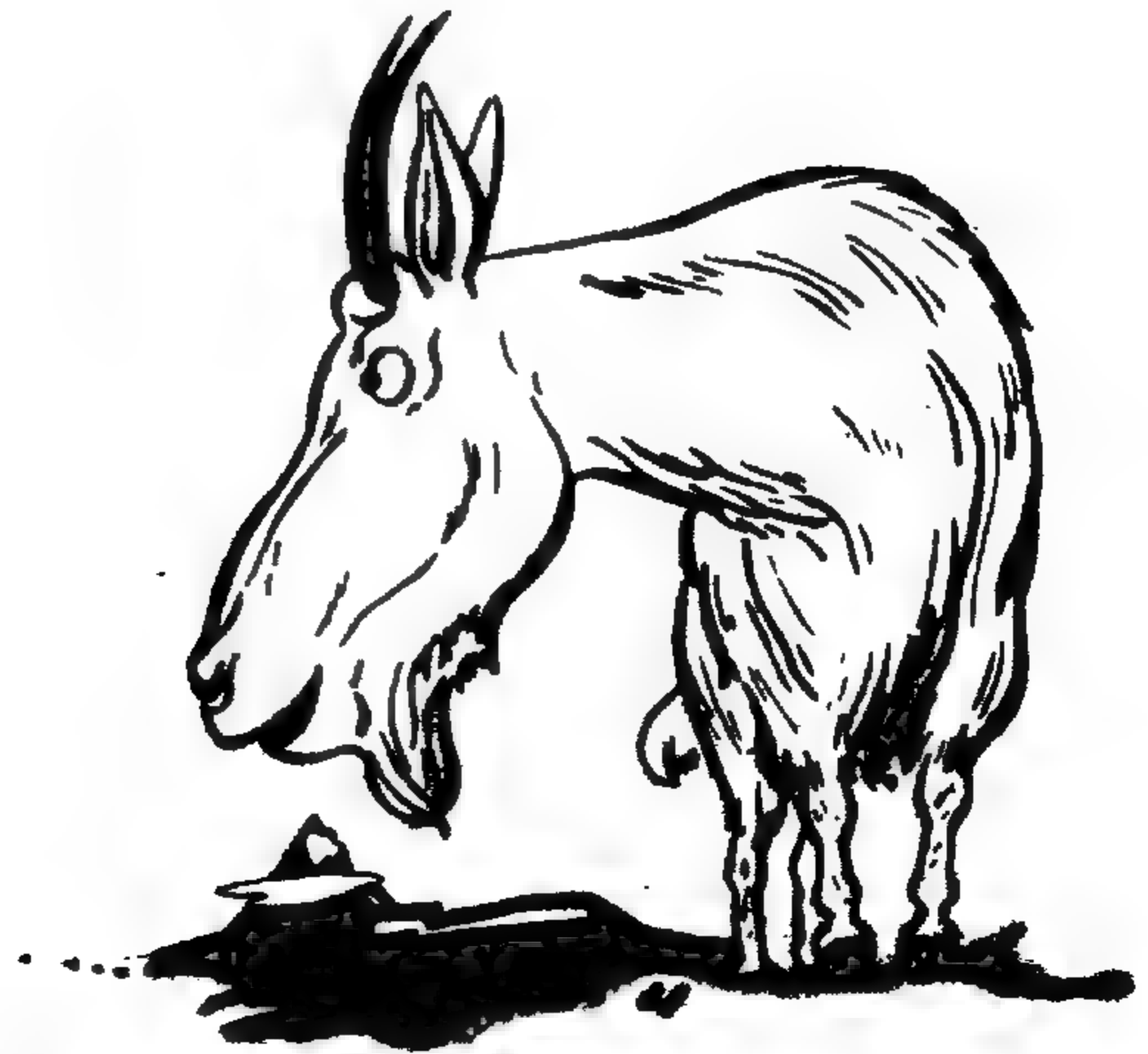
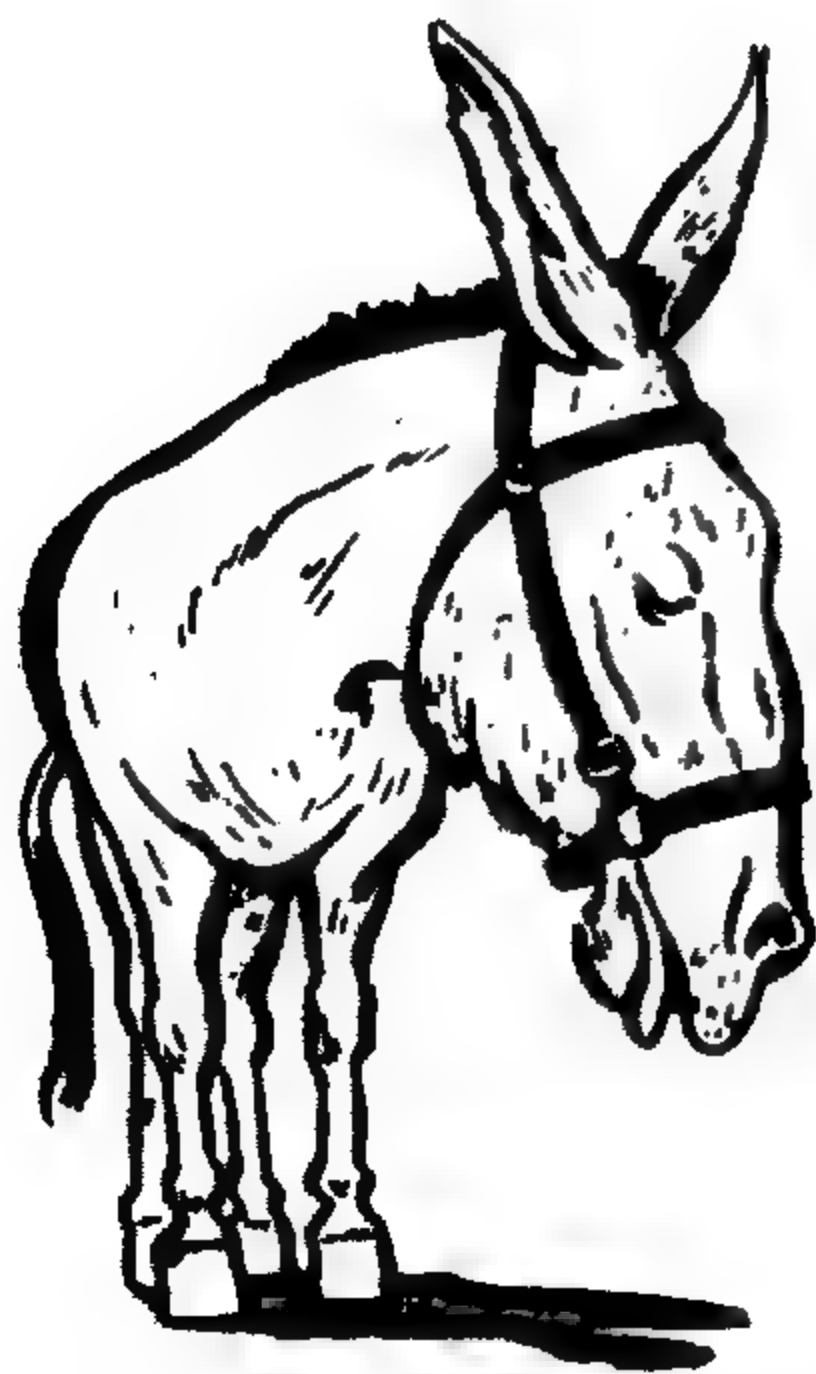
هل يمكنك أن تعثر على آذان كل الحيوانات الموجودة صورها في الصفحتين ٣٠ و ٣١ وفي الصفحتين ٣٢ ، ٣٣ .

يمكنك طبعاً أن تعثر على معظمها ، ولكن هل يمكنك أن تعثر على آذان الضفادع أو السمك ؟ إن أذني الضفدعة لا تظهران مثل آذاننا ، فهي حلقات تقع خلف عيونها بالضبط ، وهذه الحلقات تتكون من الجلد السميك ، وآذان الأسماك غائبة داخل رؤوسها ، فليس للأسماك آذان خارجية قط .

ولقد تظن أنه يمكنك أن ترى آذان البومة ذات القرون ، ولكن الواقع أنه لا يمكنك . فإن ما يبدو لك من آذان ليس إلا مجرد ريش ، إذ ليس للطيور آذان خارجية ، بل لها آذان داخلية تشبه آذاننا كثيراً ، كما أن لها فتحات تؤدي إلى آذانها الداخلية ، ولكن الريش يخفي هذه الفتحات .

وليس لكثير من الحشرات آذان ، فالنطاط إحدى الحشرات التي لها آذان ، ولكنك قد تقضي وقتاً طويلاً قبل أن تعرف موضع أذنيه ، ذلك لأنك اعتدت أن تشاهد أذني الحيوان فوق رأسه ، ولكن أذني النطاط تحت جناحيه .

والآذان هامة جداً لكثير من الحيوانات ، فأذن الأرنب مثلاً تحميانه من أعدائه ، إذ ليس للأرنب أي سلاح للكفاح ، ولا يمكنه أن يهرب من أعدائه إلا بالاختفاء أو





الجرى بعيداً ، ولن يستطيع أن يعرف الوقت الذى يختبئ فيه ، أو المكان الذى يجرى إليه ، إذا لم تكن له آذان ملائمة .

ولا يمكن لكثيرين منا أن يحركوا آذانهم الخارجية ، ولكن ذلك ميسور لكثير من الحيوانات ، وربما شاهدت كلباً يرفع أذنيه ، وهذا يساعد الحيوان على تحريكهما فيحركهما إلى جهة الصوت لتزداد قدرته على التقاط الموجات الصوتية .

وتستطيع بعض الحيوانات أن تسمع أفضل مما نسمع ، فهى تسمع الأصوات الخافتة التى لا نسمعها ، وزيادة على ذلك تستطيع بعضها أن تسمع الأصوات الحادة جداً ، أو الغليظة جداً التى لا نسمعها نحن .

وللكلاب آذان حساسة ، فهناك صفارات للكلاب لا يستطيع الإنسان أن يسمعها ولكن يمكن للكلاب أن تسمعها بسهولة ، وقد يكون عندك صفارة من هذا النوع لكلبك . والصوت الذى تحدثه مثل هذه الصفارات حاد جداً ، لدرجة أن آذاننا لا تسمعه .

وقد احتار الناس منذ عهد بعيد فى سبب عدم اصطدام الخفافيش بالأجسام فى الظلام ، وافترض كثير من الناس فى التعليل لذلك أنها يمكنها أن ترى فى الظلام ، ولكننا نعرف الآن أن أولئك الناس كانوا مخطئين ، فالخفافيش يمكنها أن ترى فى الضوء الخافت ، ولكن لا يمكنها أن ترى فى الظلام الدامس .

أما تفسير ما حير الإنسان ، فهو أن الخفافيش يمكنها أن تحدث أصواتاً تسمعها هى ، ولا نسمعها نحن . فعندما تطير الخفافيش فى الجو تحدث أصواتاً حادة جداً ، لا يمكننا أن نسمعها ، وأى جسم صلب بالقرب منها يعمل على انعكاس صدى هذه الأطوات . وللخفافيش آذان حادة ، ولذا تستطيع أن تسمع هذه الأصوات التى ترشدها ، فلا تتصادم .

والآن هل تعرف ؟

- ١ - أن الأصوات نتيجة الاهتزازات ، وأن الاهتزازات تبعث موجات صوتية .
- ٢ - أن الصوت ينتقل في بعض المواد أسرع مما ينتقل في غيرها ، وأنه لا ينتقل في الفراغ .
- ٣ - أن انتقال الصوت أبطأ من انتقال الضوء بكثير .
- ٤ - أن الموجات الصوتية قابلة للانعكاس .
- ٥ - أن بعض الأصوات أكثر شدة من غيرها .
- ٦ - أن بعض الأصوات أعلى درجات من غيرها .
- ٧ - أن بعض الأصوات بهيج ، وأن بعضها بغيض .
- ٨ - أن الضوضاء ناتجة من اهتزازات غير منتظمة ، وأن الموسيقى ناتجة من اهتزازات منتظمة .
- ٩ - أن أشياء متعددة في مختلف أنواع الآلات الموسيقية تهتز في أثناء حدوث الصوت .
- ١٠ - أنه يمكن عمل أسطوانات الصوت وتعبئتها .
- ١١ - أن حبالنا الصوتية تهتز عندما نتحدث أو نغنى .
- ١٢ - أننا نسمع بآذاننا .
- ١٣ - أن حيوانات كثيرة غيرنا لها أصوات .
- ١٤ - أن حيوانات كثيرة غيرنا تستطيع أن تسمع .



انظر بنفسك :

١ - اطرق شوكة رنانة ، وأمسكها في الهواء ، ثم لاحظ كيف يكون الصوت واضحاً إذا طرقها ووضعها ثانية على مائدة خشبية عادية ، فهل يصبح الصوت أشد وضوحاً ؟ لابد أن يكون كذلك .

٢ - أعد بنفسك التجارب التي تدل عليها الصور (صفحات ٤ ، ٥ ، ٩) .

٣ - أحضر أشواكاً رنانة ذات درجات مختلفة كثيرة بقدر ما يمكنك ، واطرق الواحدة بعد الأخرى (بغطاء من المطاط في نهاية قلم رصاص) لاحظ الأرقام المكتوبة على الأشواك الرنانة ، فلنراها تدل على عدد ذبذبات فرعى الشوكة في الثانية .

٤ - حاول إجراء التجربة التي تدل عليها الصورة في صفحة ٣٤ واجعل السائل في أنابيب الاختبار ماء ، ولاحظ أنه توجد كميات مختلفة في كل منها .
انفخ في أعلى الأنبوبة الأولى ، ثم في غيرها ، فإن النفخ في أعلى أنبوبة الاختبار يدفع الهواء فيها إلى الاهتزاز .

أي أنبوبة منها تعطى أعلى درجة ؟ يجب أن تكون هي الأنبوبة ذات أقصر عمود من الهواء ، وهذه التجربة ستساعدك على أن تفهم كيف يعمل الناي .

٥ - إذا كانت عندك آلة موسيقية صغيرة من أي نوع ، فأحضرها للمدرسة ليشاركها زملاؤك . حاول أن تعزف عليها . ما الذي يهتز في آلتك الموسيقية عندما تعزف عليها ؟ بين لزملائك كيف يمكنك أن تغير درجة الصوت الذي يصدر منها .

٦ - أحضر عدة قطع من المطاط وصندوقاً خشبياً صغيراً بدون غطاء .
أعد قراءة الفقرة الثانية من صفحة ١٧ . استعمل الصندوق وقطع المطاط لتبين أن الجملة الأخيرة من الفقرة صحيحة .

٧ - اعمل تليفوناً من وعاء من الصفيح واستعمله .

٨ - اربط بين عمود كهربى جاف وضغط وجرس كهربى .

والصورة في صفحة ٣٥ تريك كيف تفعل ذلك .

اضغط على الضابط ولاحظ كيف تتحرك مطرقة الجرس إلى الخلف وإلى الأمام ، ثم المس الجرس ، فهل تشعر أنه يهتز ؟

٩ - أحضر حاملاً نحاسياً للستار ، ثم المس أحد طرفي الحامل بإحدى أذنيك ، ودع شخصاً آخر يضع ساعة في الطرف الآخر من الحامل ، ولاحظ كيف يمكنك أن تسمع دقات الساعة بوضوح .

١٩٩٥/٥٥١١	رقم الإيداع
ISBN 977-02-4989-0	الترقيم الدولى

٧/٩٥/٧٩

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)





دار المعارف

٢١٥٤١٣

